

JEAN MOUNIER

# LES CLIMATS OCEANIQUES DES REGIONS ATLANTIQUES DE L'ESPAGNE ET DU PORTUGAL

TOME II

THESE PRESENTEE DEVANT L'UNIVERSITE DE RENNES II

— LE 24 MAI 1977 —

ATELIER  
REPRODUCTION DES THESES  
UNIVERSITE DE LILLE III  
LILLE

DIFFUSION  
LIBRAIRIE HONORE CHAMPION  
7, QUAI MALAQUAIS  
PARIS

1979









JEAN MOUNIER

# LES CLIMATS OCEANIQUES DES REGIONS ATLANTIQUES DE L'ESPAGNE ET DU PORTUGAL

TOME II

THESE PRESENTEE DEVANT L'UNIVERSITE DE RENNES II

- LE 24 MAI 1977 -

ATELIER  
REPRODUCTION DES THESES  
UNIVERSITE DE LILLE III  
LILLE

DIFFUSION  
LIBRAIRIE HONORE CHAMPION  
7, QUAI MALAQUAIS  
PARIS



L'Atelier de Reproduction des Thèses décline toute responsabilité  
touchant la qualité technique des documents qu'il reproduit.

---

La loi du 11 mars n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article 41, d'une part, que les "copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective" et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, "toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants-droit ou ayants-cause, est illicite" (alinéa 1er de l'article 40). Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du Code Pénal.

ISBN 2 - 7295 - 0075 - 8  
© Jean MOUNIER, 1979



# CHAPITRE I

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*

## TROISIEME PARTIE

### TYPES DE TEMPS OU EFFETS REGIONNAUX

#### DES SITUATIONS SYNOPTIQUES

De fait, il n'est pas possible d'atteindre une explication valable en climatologie régionale, sans développer l'analyse des effets des situations synoptiques. Celle-ci doit permettre de dégager les situations qui créent les états de l'atmosphère les plus différents d'une région à l'autre et dont les répétitions finissent par produire les variations régionales des rythmes climatiques. En définitive, il s'agit de réaliser une étude comparée des types de temps des principales régions océaniques et subocéaniques, dans le cadre des situations synoptiques.

Tâche longue et difficile, d'autant que pour une région donnée, les mêmes situations synoptiques n'engendrent pas toujours exactement la même combinaison quantitative des éléments de l'atmosphère au-dessus d'un lieu. Toutefois, si certaines données d'observations peuvent varier, les pluies surtout, d'une situation à une autre de même type, il n'en reste pas moins vrai que, compte-tenu de la saison, des situations de structures identiques s'accompagnent, dans une région donnée, d'une ambiance générale ressentie toujours par l'homme d'une façon semblable.

Par contre cette ambiance peut se modifier, d'une région à l'autre, à l'intérieur d'un même type de situation. Dès lors, reste à savoir si les contrastes régionaux créés par certains types de situations synoptiques se produisent régulièrement tout au cours de l'année, malgré le rythme des saisons. Car, dans quelle mesure les variations saisonnières des bilans énergétiques ne modifient-elles pas, non seulement certaines conditions de structures de situations, mais également les actions régionales de ces situations ?

Aussi, cette analyse doit-elle être réalisée dans le cadre des grandes périodes climatiques de l'année.



## C H A P I T R E I

=====

### LES TYPES DE TEMPS DE LA SAISON PLUVIEUSE ET FRAICHE

=====

L'étude fréquentielle des situations synoptiques a montré que, durant les quatre mois, de décembre à mars, la circulation atmosphérique est caractérisée sur la façade atlantique du SO de l'Europe : d'abord par un accroissement sensible de la fréquence des perturbations d'Ouest et de Sud-Ouest, aux dépens de la fréquence des situations anticycloniques qui deviennent encore plus rares à la fin de cette période, pendant le mois de mars, ensuite, par le fait que ces hautes pressions sont alimentées, dans une très large proportion, par des masses d'air polaire océanique et doux. C'est pourquoi ces quatre mois représentent une période très pluvieuse et peu froide dans les régions littorales atlantiques faiblement élevées du N et du NO de la Péninsule Ibérique où les températures maximales quotidiennes descendent rarement au-dessous de 10°.

Si en hiver, les variations quotidiennes des états de l'atmosphère sont d'abord ressenties en fonction des régimes thermiques diurnes liés aux situations synoptiques, les journées diffèrent aussi par l'apparition et le caractère des épisodes pluvieux. Les totaux pluviométriques, l'intensité des précipitations dépendent en première analyse de la nature de la situation synoptique, mais également, à l'intérieur de cette situation, des directions suivies par les différents individus atmosphériques (flux en altitude, masses d'air, fronts). Or, ces directions varient dans le temps et dans l'espace provoquant des variations régionales sensibles des états de l'atmosphère et de leur enchaînement ; des différences régionales qui ne sont pas mises en évidence par une simple analyse des régimes moyens des éléments climatiques dont l'homogénéité sur l'ensemble du domaine océanique est une caractéristique de l'hiver.



## - I - LES TYPES DE TEMPS DE SITUATIONS CYCLONIQUES

=====

Ces types de temps sont liés à la présence sur l'Europe ou l'Afrique du Nord de dépressions qui, tantôt suivent les trajectoires définies depuis longtemps par les météorologues, tantôt se stabilisent quelques jours en des régions déterminées du continent, de l'Atlantique ou de la Méditerranée. En fonction de leur position, ces cellules dépressionnaires touchent plus ou moins les régions océaniques de la Péninsule Ibérique. Lorsque ces régions se situent à la limite d'une aire de hautes pressions et d'une dépression, l'influence de cette dernière se fait alors toujours sentir par le passage d'une bande nuageuse axée sur une discontinuité frontale provoquant un changement brutal de l'état du ciel et une brusque variation négative de la pression, ensemble de faits caractéristiques d'une perturbation.

Ainsi, le temps perturbé associé au déplacement d'une dépression est donc caractérisé par un enchaînement d'états de l'atmosphère fort variables, succession définie le plus souvent par une alternance de mauvais temps et d'accalmies. Mais toutes ces multiples successions peuvent être réparties parmi quelques grands groupes déterminés en fonction de l'impression climatique générale suscitée par l'ambiance thermique. Or, cette ambiance dépend des masses d'air qui convergent vers les dépressions et dont l'évolution est liée aux déplacements de ces noyaux de basses pressions.

### Ia - LES TYPES DE TEMPS CYCLONIQUES DOUX ET PLUVIEUX

-----

Ils correspondent aux états de l'atmosphère ou des successions de temps associés à des dépressions qui se déplacent de l'Atlantique à l'Europe en empruntant les trajectoires d'O et de SO. Les régions océaniques de l'Espagne et du Portugal,



sont traversées par des perturbations souvent actives qui provoquent des pluies, mais elles sont également envahies par des masses d'air maritime qui se sont séjournées au-dessus de l'Océan plus chaud que le continent.

- A) LES TYPES DE TEMPS DOUX D'OUEST EN CIRCULATION ZONALE

-----

Dans les régions humides de la Péninsule Ibérique le temps doux pluvieux d'Ouest est fréquemment lié aux déplacements des dépressions qui traversent les Iles Britanniques, la Manche et le golfe de Gascogne suivant les voies II et IV selon le classement proposé par A. Viaut. Plus rarement, les cyclones passant entre l'Islande et l'Ecosse influencent le temps en Galice et dans les régions vascocantabriques qui sont le plus souvent protégées par un anticyclone lorsque les centres dépressionnaires se déplacent au Nord du parallèle 60°. Mais, quelles que soient les trajectoires empruntées par ces dépressions, les différents éléments d'une perturbation d'Ouest provoquent un mauvais temps pluvieux généralisé sur les régions océaniques humides de la Péninsule Ibérique. Ce sont effectivement ces types de temps qui contribuent le plus à opposer l'Ibérie humide et l'Ibérie sèche. Du Minho, et même de la "Beira littoral" au Pays Basque, les nappes de stratus et de nimbostratus obscurcissent le ciel alimentant des précipitations qui peuvent durer toute la journée tandis que les nappes nuageuses se disloquent, se dispersent dans l'intérieur de l'Espagne, immédiatement au-dessus de la Vieille Castille et du Bassin de l'Ebre.

Ainsi, ces dépressions atlantiques qui se déplacent rapidement vers l'Est avec les ondulations du courant zonal sont responsables de ces journées maussades peu froides mais très pluvieuses. Les aspects du temps varient en fonction de l'évolution d'une perturbation du front polaire suivant le schéma clas-

sique décrit par l'Ecole Norvégienne<sup>(1)</sup>. Le ciel change d'aspect, l'ambiance atmosphérique se modifie au cours des passages successifs du front chaud, du secteur chaud et du front froid, des advections alternées des masses d'air polaire maritime froid et des masses d'air maritime chaud (Polaire maritime Pm froid, PmW et tropical maritime, Tm). En fait, ces masses d'air venant directement de l'océan n'entraînent que des variations thermiques atténuées<sup>(2)</sup>. Mais, chargées d'humidité, elles sont toujours instables et les fronts actifs qui les séparent sont susceptibles de provoquer des précipitations durables et également intenses selon les conditions topographiques. Car d'une région à l'autre, les traits du ciel, les particularités des pluies journalières sont liés aux directions suivies par les formations nuageuses frontales qui abordent les littoraux rocheux et franchissent les chaînons montagneux dont l'orientation constitue le facteur fondamental des variations spatiales de l'état de l'atmosphère.

En période de régime perturbé d'Ouest, des différences de rythme, de très fortes variations dans la répartition géographique des précipitations apparaissent entre les régions occidentales de la façade atlantique (Galice et Minho) d'une part et d'autre part, les régions vascocantabriques. L'affaiblissement des courants perturbés d'Ouest de la Galice aux Pays Basque représente donc le fait géographique essentiel.

#### 1°) Le mauvais temps d'ouest généralisé

A l'échelle de la Péninsule Ibérique, il est certain que l'ambiance atmosphérique offre des aspects identiques dans toutes

-----

(1) J. BJERKNES et H. SOLBERG, ( 72 )

(2) A. HUETZ de LEMPS, ( 316 ), 1967, p. 43.

les régions océaniques. Partout, il pleut sous un ciel gris et triste, bien que les températures restent clémentes, toujours supérieures à la normale. Ces aspects se retrouvent lorsque l'on analyse les éléments atmosphériques lors des différents types de situation perturbée d'Ouest classés, selon la trajectoire suivie.

a) Le temps pluvieux provoqué par les perturbations d'Ouest septentrionales

Avec les dépressions d'Ouest qui se déplacent loin de la Péninsule Ibérique, les variations de l'ambiance atmosphérique sont nettement commandées par les passages alternés des masses d'air maritime et des surfaces de discontinuité qui les séparent. Durant la période de déferlement de ces perturbations d'Ouest, les courbes des températures enregistrées présentent des ondulations qui correspondent principalement aux successions variées de ces masses d'air qui peuvent masquer, parfois, les effets du bilan de la radiation solaire et du rayonnement terrestre. Corrélativement les épisodes pluvieux alternent avec des phases d'accalmie pendant lesquelles le ciel reste néanmoins nuageux.

- Etats de l'atmosphère et dépression passant au Nord des Iles Britanniques du 10 au 12 janvier 1962

Les météorologistes espagnols ont déjà étudié cette situation générale<sup>(3)</sup>. Dans ces limites synoptiques, les rythmes journaliers des données météorologiques des principales stations (fig.31) soulignent bien l'uniformité de l'ambiance atmosphérique dans l'ensemble du domaine océanique.

---

(3) A. LINES ESCARDO - ( 390) n° 84, p.390.



Dans la matinée du 10 janvier, les régions atlantiques sont traversées par la partie méridionale du front chaud qui prolonge le front froid d'une perturbation précédente. Partout le ciel est entièrement couvert de nuages bas. Poussés par des vents modérés d'O à SO, les nappes de Sc déferlent sans arrêt, apportant cependant des pluies de faible intensité, véritable crachin qui baigne les régions d'une humidité pénétrante.

L'advection de l'air maritime chaud très humide qui alimente le secteur chaud, marque le début d'une journée moite. Les températures augmentent régulièrement pour atteindre, au début de l'après-midi des valeurs maximales relativement élevées pour la saison : entre 14 et 16° dans les stations littorales ou sublittorales de faible altitude. Toutefois, le ciel reste très couvert, à Porto comme à Santander, il est assombri par les nuages bas St, Sc et Nis. Aussi, l'humidité de l'atmosphère diminue-t-elle à peine, elle atteint à 13h 84 % à Santander, 85 à la Corogne, 95 et 98 % à Vigo et Braga, station du Minho. Bien plus, à l'intérieur du secteur chaud des chutes de pluie continuent à se produire sur les collines et les hauteurs les plus exposées au vent de SO, par suite des conditions d'instabilité convective sélective qui apparaissent dans les basses couches de la masse d'air chaud. La présence d'une "langue" d'air plus sec, vers 2 000 m, doit en effet accentuer l'évolution vers l'instabilité de l'atmosphère lorsque l'air humide et chaud est soulevé en bloc<sup>(4)</sup>.

Mais, c'est pendant la nuit du 10 au 11 janvier que les pluies tombent avec le plus d'intensité lors du passage du front froid. Entraîné par un courant zonal rapide, ce dernier balaie en quelques heures toutes les régions océaniques de la Péninsule, du Minho au Pays Basque, expliquant le faible décalage horaire des précipitations à Santander par rapport aux pluies enregistrées à la Corogne. Cette forte activité frontale, confirmée par la présence de nuages à développement vertical Cu, Cb, est

-----

(4) Instabilité potentielle, supra p. 500

liée aux caractères de la masse d'air froid. Le radiosondage du 11 janvier à 12 h met en évidence une couche instable dont l'épaisseur est plus grande que celle de la couche instable de l'air chaud de la veille (fig.3.1).

Accompagnée des vents modérés du NO, cette masse d'air maritime froid provoque dès lors l'installation d'un temps humide et plus frais, caractérisé par une légère baisse de 2 à 3° des températures maximales<sup>(5)</sup>. Toutefois pendant l'après-midi, l'affaissement de l'air froid, à l'arrière de la surface de discontinuité entraîne une dislocation du système nuageux, caractéristique de l'évolution d'un temps de traîne. Des groupements nuageux (Cu et Sc) alternent avec des éclaircies. Celles-ci sont plus durables dans le Minho : nébulosité inférieure à 2/8 au-dessus de Porto à 12 heures, pour 5/8 à Santander, ce qui assure une baisse de température moins sensible à Porto.

Cette évolution finale n'est guère modifiée, en fin d'après-midi par l'invasion d'un front froid secondaire qui provoque seulement de faibles précipitations. Si le ciel se couvre au début de la nuit, c'est parce que l'arrivée de formations nuageuses annonce la venue d'une nouvelle perturbation d'Ouest.

Malgré cette succession d'états variables de l'atmosphère, ce sont la douceur de la température et l'assez forte pluviosité qui constituent les dominantes générales de l'ambiance atmosphérique en situation de perturbation d'O.

---

(5) En fait, le contraste entre les deux masses d'air est plus accentué, si l'on tient compte des températures pseudo-adiabatiques,  $\theta'_w$ , : le 10 à 950 mb 13°, à 850 mb 11°, le 11 7°5 et 5°7 pour les niveaux isobariques correspondants.

- Les effets similaires de la perturbation d'Ouest septentrionale du 21-22 janvier 1965.

La dépression circule plus au nord et semble se stabiliser au SE de l'Islande. Toutefois, les fronts qui convergent vers son centre se déplacent rapidement vers l'E, entraînés par un rapide courant d'ouest en altitude. Pendant la journée du 21 janvier, le Minho, la Galice et tout le Nord de l'Espagne sont parcourus par le front chaud. Partout, le ciel qui s'est d'abord couvert d'un voile d'altocumulus et d'altostratus, reste gris et sombre toute la journée. Le plafond bas nuageux, poussé par des vents de secteur ouest assez fort (32 km/h), s'accroche aux hauteurs qui dominent les rías, rase les plateaux intérieurs, noie complètement les massifs élevés du Minho du centre de la Galice et des régions vasco-cantabriques.

La couche épaisse de stratocumulus bas s'étend à l'intérieur même du secteur chaud, constitué par l'advection d'une masse d'air polaire maritime chaud qui entretient encore une ambiance douce et humide. Mais cette fois, quoique supérieures à la normale, les températures maximales sont légèrement inférieures : au milieu de l'après-midi les températures varient entre 10 et 14° suivant les stations.

Cependant, les précipitations sont faibles dans l'ensemble du domaine océanique : à peine quelques dixièmes de La Corogne, un peu plus élevées à l'intérieur, le sud de la Galice et le Minho : 2 mm à Santiago et à Vigo, un peu plus de 1 mm à Porto. C'est que l'air maritime du secteur chaud est moins instable que le 10 janvier 1962 et la stratification des masses d'air de part et d'autre du front chaud ne favorise guère le développement de l'instabilité convective. En effet, l'air le plus humide est situé dans les couches moyennes de la troposphère ce qui tend à stabiliser la couche



d'air lors d'un soulèvement en bloc<sup>(6)</sup>. Si, au cours de la matinée du 21 janvier, les régions vascocantabriques enregistrent des totaux pluviométriques plus élevés, ceux-ci résultent de l'advection d'un air maritime instable à l'arrière du front froid d'une perturbation de NO qui a traversé la France au cours du 20 janvier. Les plus fortes pluies ne sont donc pas imputables à la perturbation d'ouest qui atteint les régions orientales cantabriques et le Pays Basque au début de l'après-midi du 21.

Les précipitations importantes ne se produisent que pendant la nuit du 21 au 22, lorsque le front froid balaie le NO de la Péninsule, accompagné de formations nuageuses (St, Cb) dénotant une instabilité plus grande ; près de 7 mm à La Corogne entre 18h et 0h, beaucoup plus à Santiago 19 mm et à Vigo 17 mm. Mais, du fait de la déformation du front froid qui tend à s'allonger d'est en ouest pour se déplacer vers le sud, sous le versant occidental de la vallée froide du courant d'altitude, les pluies tombent plus tardivement dans le Minho. A Porto, les averses éclatent (10,4 mm) pendant la deuxième partie de la nuit au cours de laquelle le maximum horaire (4 mm) est enregistré entre 3 et 4 heures du matin (fig.3.2).

Pendant la matinée du 22, l'expulsion de la masse d'air polaire se marque par une amélioration du temps : malgré une légère baisse de la température (max. 12°2). Le ciel s'éclaircit et la nébulosité descend à 5/8 au milieu de la matinée. Cependant, quelques cumulus congestus et cumulo-nimbus isolés fournissent des averses éparses sur les régions plus élevées de l'intérieur. Enfin dans l'après-midi avec le développement de la décharge polaire ce type de temps se termine

---

(6) Cf. J. LEPAS et G. ROCHE. ( 386), T.1 chapitre 8, p.11 - Ici, effectivement  $\theta_w$  croît du niveau 950 mb, au niveau 800, condition favorable à une évolution vers la stabilité lors d'un faible soulèvement de la couche atmosphérique à la suite de son passage sur le continent.

par une hausse brutale de la pression qui caractérise le début de l'installation d'un anticyclone océanique peu épais<sup>(7)</sup>. Le ciel s'éclaircit de plus en plus, les cumulonimbus se désagrègent, se tassent, faisant place à des cumulus congestus, puis à des cumulus humilis, tandis que, déjà dans les couches supérieures de l'atmosphère, des cirrostratus et des altocumulus annoncent le front chaud de la perturbation suivante (D. 4 du B.Q.E.).

La même évolution de ce temps se produit dans les régions vascocantabriques, avec toutefois quelques variantes importantes. Bien sûr, la succession des états de l'atmosphère se déroule dans des régions plus orientales avec un certain décalage ; les pluies provoquées par le front froid commencent à tomber à Santander six heures après celles de La Corogne. Il y a plus ; les précipitations dans les régions vascocantabriques sont moins intenses, mais elles durent plus longtemps et continuent à se produire bien après le passage du front froid. A San Sebastián (station Igueldo), elles se prolongent même durant la nuit du 23 janvier alors que l'aire de hautes pressions est bien établie sur le golfe de Gascogne. Le radiosondage de La Corogne, 23 janvier 0 heure, qui souligne déjà l'apparition de la subsidence anticyclonique dans les couches moyennes de la troposphère, donne une idée cependant de la structure des basses couches de la décharge polaire (fig.3.2). Un soulèvement d'environ 300 m fait apparaître des conditions d'instabilité convective dont les conséquences en Galice sont limitées par l'inversion thermique. Mais on peut penser, que dans le fond du Golfe de Gascogne, non encore atteint par l'ondulation anticyclonique du courant zonal en altitude, l'effet de subsidence n'est pas encore sensible et que le soulèvement de l'air froid qui se heurte aux reliefs (vents de NO) provoque l'apparition de l'instabilité. Cette évolu-

-----

(7) L'instabilité est accrue par l'advection d'un courant rapide ( $\theta'_w = 8^{\circ}5$  à 700 mb) au-dessus de l'air chaud ( $\theta'_w = 12^{\circ}5$  à 850 et 800 mb) qui commence à être soulevé par les couches inférieures de la masse d'air froid.

tion thermodynamique est alors responsable des précipitations post-frontales plus fraîches dans les régions vascocantabriques.

b) Le mauvais temps d'Ouest et des dépressions longeant les côtes de la Manche

Les dépressions atlantiques qui se déplacent d'ouest en est, entre les parallèles 47-50° N, sont à l'origine de situations atmosphériques dont l'évolution se rapproche de celle des types de temps en rapport avec les courants perturbés septentrionaux. Le NO de la Péninsule Ibérique reste encore à la limite des cellules dépressionnaires mobiles où se succèdent normalement les différents éléments d'une perturbation : front chaud, secteur chaud et front froid. Ici, très rarement, le mauvais temps est dû au passage d'un front occlus, contrairement à ce qui se passe le plus souvent sur les côtes britanniques et françaises de la Manche.

- Les effets de la dépression sur la Manche du 10-13 février 1970 .

Au début de la deuxième décade du mois de février 1970, des dépressions très accusées, entraînées par un courant d'O rapide, abordent l'Europe occidentale en suivant le parallèle 50° N. Elles sont à l'origine de fortes tempêtes qui balaient la Manche et la Bretagne. Le N de l'Espagne échappe au déferlement de ces ouragans, mais partout dans les régions atlantiques de la Péninsule règne un temps doux pluvieux, avec des ciels très gris et maussades.

Plus particulièrement, le mauvais temps évolue en fonction d'une perturbation active qui se déplace au SO de l'Irlande à la Belgique du 10 février aux premières heures de la journée du 13 (fig.3.3). La partie méridionale du front chaud éffleure à peine la Galice. Cependant, les formations nuageuses se développent du



côté du secteur chaud ; l'apparition au cours de l'après-midi de cumulus à développement vertical (message synoptique : SYNOPS de 18 h) au-dessus de La Corogne résulte des caractères de la masse d'air maritime chaud dont l'instabilité des basses couches est confirmée par l'analyse du radiosondage. Le plafond nuageux bas, poussé par des vents modérés d'O SO, enveloppe les hauteurs qui dépassent 400 m et dont les versants sont copieusement arrosés. Aussi, l'intensité des pluies est-elle assez élevée sur les massifs qui dominent les Rías Bajas, pourtant éloignées de l'axe du front. Le soulèvement de l'air chaud convectivement instable explique bien le fait que l'aérodrome de Vigo-Peinador reçoit plus de précipitations que la station de La Corogne.

C'est pourquoi, le ciel est encore très couvert pendant le passage du secteur chaud, le 11 février. La nébulosité est encore très élevée sur l'ensemble de la Galice où il continue de pleuvoir, toutefois de façon moins intense. Il bruine à La Corogne où les rayons du soleil percent rarement une convection de stratocumulus bas. La photo de satellite, transmise par Essa 8 à la station de Lannion (10 h 43 T.U) nous montre cette masse nuageuse qui s'étale, au SO de l'axe du front, sur toute la moitié NO de la Péninsule, de l'Estramadure portugaise aux Pyrénées orientales; seuls le Bassin de l'Ebre et la Vieille Castille apparaissent au-dessous de vastes déchirures du système nuageux, c'est dire que le temps humide mais doux, avec des températures supérieures à la normale, s'étend à toutes les régions océaniques. En fait, le Pays Basque commence seulement le 11 au matin à être traversé par le front chaud qui provoque des pluies généralement plus faibles que sur la Galice.

Le décalage de l'évolution du temps est moins accentué le lendemain avec le passage rapide du front froid. Celui-ci qui a abordé la Galice dans les premières heures de la nuit atteint

déjà les régions centrales de l'Espagne dans l'après-midi du 12 février. Selon la photo Essa 8 ( 9,40 h TU), une large bande de nuages qui prolonge une formation nuageuse spirale centrée au-dessus de l'Ouest de la France, s'étend des Pyrénées occidentales au Minho. Formée d'une nappe épaisse de Sc d'où émergent des nuages à fort développement vertical (Cu et Cb), elle dénote la présence d'un front froid actif qui est à nouveau responsable d'un jour sombre et pluvieux.

Partout il pleut, particulièrement sur les hauteurs. Par rapport aux régions littorales du N de la Galice, les hauteurs dominant les Rías Bajas enregistrent encore des précipitations assez fortes, 16 mm en 12 heures à Vigo. L'air froid postérieur au front est très instable puisque dans les basses couches de l'atmosphère le gradient thermique vertical est supérieur à celui de l'adiabatique sèche. D'autre part, dans la moyenne troposphère, l'air qui se déplace à grande vitesse vers l'E est plus sec. Or cette stratification, comme nous l'avons déjà vu, est favorable à un accroissement de l'épaisseur de la couche instable lors d'un soulèvement en bloc.

Par suite de l'orientation générale des vents à l'O ou à l'O SO dans l'ensemble de la troposphère, le soulèvement est moins sensible dans les régions vascocantabriques où un ciel toujours gris apporte moins de pluie. En revanche, les précipitations continuent à se produire, à Santander, à Igueldo, bien après le passage du front lorsque les vents tournent à l'O NO. Aussi, le mauvais temps couvert et pluvieux se maintient-il jusqu'à l'arrivée des formations nuageuses, accompagnant une nouvelle perturbation dont l'approche est marquée par le changement de direction des vents qui tournent au SO à l'aube du 13 février.

c) Le mauvais temps et les perturbations d'ouest traversant le golfe de Gascogne.

Le noyau de baisse barométrique avec l'ondulation du front polaire passe à proximité de la Galice, longe la côte cantabrique ou incurve sa trajectoire vers le NE en direction de la Bretagne. Quoi qu'il en soit, les effets sur le temps rappellent par de nombreux aspects ceux provoqués par les perturbations d'Ouest éloignées. Fréquemment, la succession des éléments atmosphériques correspondent à ceux de la perturbation norvégienne : succession normale front chaud, secteur chaud, front froid. Et cette fois encore, le ciel est entièrement couvert sur l'ensemble du Nord-Ouest de la Péninsule Ibérique par des formations nuageuses denses de Sc et Cb qui sont susceptibles de fournir des précipitations journalières abondantes. Mais, les températures restent encore assez élevées malgré la proximité de la trajectoire de la perturbation qui devrait être suivie de décharge polaire plus puissante. En fait, ce genre de perturbations faiblement creusées naissent sur des ondulations à peine dessinées du front polaire qui évolue sous un courant zonal très rapide<sup>(8)</sup> dont l'axe se situe au N de la Péninsule, par 42° et 43° de latitude. De sorte que les régions océaniques restent souvent à la limite des fronts du côté des masses d'air maritime chaud susceptibles de créer pendant plusieurs jours un mauvais temps "pourri" et de donner naissance à des épisodes remarquablement pluvieux.

- Exemple de pluies diluviennes sur l'O et le NO de la Péninsule à la fin du mois de mars 1962.

La situation générale des conditions synoptiques de ce type de temps a été également étudiée par Lines Escardo<sup>(9)</sup>.

---

(8) cf. supra p. 48.

(9) A. LINES ESCARDO, (390), n° 84, p. 405.



Du 29 mars au 1er avril, en rapport avec une circulation zonale rapide des perturbations se déplacent d'Ouest en Est en longeant les parallèles 42 et 43°. Ces ondulations du front polaire ne sont pas très amples et les noyaux de baisse barométrique qu'elles provoquent apparaissent secondaires par rapport à la vaste dépression centrée à l'O de la Scandinavie. Seulement, ces ondulations se créent sous un violent courant d'O dont la vitesse croît avec l'altitude pour atteindre 120 à 150 km/h au niveau isobarique 500 mb. Dans cette couche de la moyenne troposphère, le courant jet va donc deux fois plus vite que les vents O SO enregistrés au sol, un tel écart favorise évidemment la formation de forts courants ascendants à l'intérieur de la masse d'air très humide et instable. Ainsi le 30, l'air tropical maritime du secteur chaud qui envahit la Péninsule Ibérique, est caractérisé en Galice par un gradient thermique vertical élevé (fig. 3-4).

Par suite, les fronts sont très actifs et les nuées qui les accompagnent traversent rapidement les régions océaniques, noyant les reliefs et provoquant partout des précipitations abondantes. Il n'existe pas de solution de continuité entre les formations nuageuses développées le long des fronts et celles du secteur chaud. Un vaste corps nuageux de strato-nimbus empêche ainsi le soleil de briller dans l'ensemble du NO de la Péninsule Ibérique pendant ces quatre jours. Dans une atmosphère relativement tiède pour la saison, les pluies tombent sans interruption.

En effet, les températures sont nettement supérieures à la normale. A La Corogne, les températures maximales se maintiennent entre 17° et 15° et il faut attendre la nuit du 30 au 31 pour voir le minimum descendre à 8°, alors que les jours précédents, le thermomètre n'était jamais descendu au-dessous de 13°. Bien plus, à l'aérodrome de Vigo les maximums restent remarquablement stables, entre 13°6 et 14°4 malgré la succession de masses d'air

différentes. Les températures sont encore plus élevées dans les régions littorales du golfe de Gascogne. L'arrivée de l'air chaud maritime, le 30 entraîne une hausse importante du thermomètre qui enregistre les maximums les plus élevés du mois :  $18^{\circ}6$  à San Sebastián,  $20^{\circ}4$  à Santander ! Aussi dans ces régions le changement de temps est-il plus sensible lorsque se produit l'expulsion de l'air froid ; le lendemain le thermomètre ne dépasse pas  $14^{\circ}$  dans les deux stations.

Il n'en reste pas moins vrai que l'ambiance générale ressentie dans ces régions vascocantabriques au cours de l'évolution de cette perturbation, est nettement plus chaude que dans les autres régions océaniques. En fait, la masse d'air maritime chaud a subi, en plus, un réchauffement adiabatique lors de son mouvement descendant le long de la façade nord du massif cantabrique. Toutefois, il n'est pas possible de parler ici, de phénomène de foehn. Bien sûr, à Santander au milieu de la journée du 30 mars, un vent de S assez fort (30 à 40 km/h), le Sur, accompagne la hausse de température et une forte baisse corrélative de l'humidité relative qui ne dépasse pas 47 % à 13 h. Mais, le ciel reste couvert et des averses se produisent toute la journée, autant de données qui nous éloignent des critères définissant une situation de foehn<sup>(10)</sup>.

Cependant, les précipitations enregistrées dans les stations vascocantabriques sont beaucoup moins abondantes que celles de la Galice et du Minho. Ce sont des pluies d'intensité journalières moyenne qui sont mesurées à Santander et à Igueldo : 18 à 19 mm pour les trois jours réunis, du 29 au 31 mars. En revanche, les totaux pluviométriques sont beaucoup plus élevés dans les stations galiciennes : pour ces mêmes trois jours 41 mm à La Corogne. Bien plus, ce sont des véritables déluges qui s'abattent

---

(10) W.A.R. BRINKMANN ( 35 ), 1971, p.233 a rappelé récemment les critères d'une situation de foehn retenus par FREY en 1957 ; outre la température élevée et l'absence de pluie la nébulosité ne doit pas dépasser 8/10 pour une humidité inférieure à 60 %.  
A. PICARD, ( 542 ), 1968, p. 17.

sur les plateaux intérieurs et les massifs élevés de la Galice et du Minho. Durant la même période, il pleut abondamment des premiers chaînons occidentaux des Cantabriques (Puerto de Leitariegos 278 mm) à la Serra do Gerêz (Montalegre, 296 mm) en passant par les plateaux élevés de la Galice intérieure (Santiago-Labacolla 251 mm). C'est surtout sur les versants occidentaux des hauteurs de la Galice du S et du Minho que les pluies diluviennes sont les plus remarquables. Les totaux dépassent chaque jour 100 mm à l'aérodrome de Vigo qui en trois journées reçoit 368 mm. Pendant la seule journée du 30 l'intensité journalière des pluies atteint des valeurs exceptionnelles pour des régions océaniques ; sur les versants moyens de la Serra do Gerêz : 234 mm à Outeiro do Gerês 270 mm à Albergaria do Gerês ! Enormes quantités d'eau qui résultent de l'instabilité de la masse d'air chaud fortement alimentée en vapeur d'eau.

Cette dernière analyse met en évidence la variété des données atmosphériques des régimes perturbés d'O. Si le temps est généralement doux, par contre les pluies qui le caractérise, varient beaucoup pour un même type de perturbation.

## 2°) Les caractères généraux des types de temps perturbés d'O.

En réalité, si lors de chaque évolution d'une perturbation d'O les divers états de l'atmosphère se déroulent suivant le même rythme, les combinaisons des différents éléments atmosphériques varient fortement d'une situation perturbée d'O à une autre. Dans ces régions océaniques de la Péninsule Ibérique, comme dans toute l'Europe occidentale "l'inconstance"<sup>(11)</sup> caractérise le temps perturbé d'O. Bien sûr, en général avec un tel type de temps les températures sont supérieures ou tout au moins égales aux moyennes thermiques mensuelles, et les précipitations journa-

---

(11) P. PEDELABORDE, ( 522 ), p. 23.



lières dépassent de beaucoup la médiane des intensités pluviométriques quotidiennes. Mais en fait, les mesures de ces deux données atmosphériques fournissent des valeurs multiples dont la distribution statistique offre une grande dispersion.

a) La grande variabilité des états de l'atmosphère

Les analyses statistiques portant d'une part sur les couples thermiques maximums-minimums quotidiens et d'autre part sur l'intensité des précipitations journalières en fonction des différentes situations perturbées d'O à La Corogne, soulignent bien cette particularité, (fig.3.6). Ainsi, pendant les deux mois de janvier et de février réunis, les régimes thermiques diurnes sont loin d'être identiques et se répartissent en des groupes très nombreux. Sur une centaine d'exemples étudiés pendant la période 1946-1965, 20 % des jours ont des températures qui restent au-dessous de la normale, 17 % ont des températures minimales élevées associées à des maximums inférieures à la normale et 57 % ont des températures toujours supérieures à celle-ci. La sensation de douceur ressentie par l'homme en régime perturbé d'O prédomine donc mais ne constitue pas une donnée constante.

De même, la variabilité de l'intensité des précipitations journalières est élevée. Durant l'évolution d'une perturbation d'O, le pluviomètre peut tout aussi bien recueillir quelques traces d'eau que de très fortes quantités de pluie. Cependant, 27 % des jours pluvieux de mauvais temps d'O reçoivent plus de 12 mm<sup>(12)</sup>, valeur qui représente à La Corogne le décile supérieur des pluies enregistrées en 24 heures. Ainsi, les hivers exceptionnellement arrosés des années 1948, 1959, 1960 et 1965 corres-

---

(12) à Brest, à La Corogne 12 mm est la quantité d'eau enregistrée un jour sur dix jours pluvieux seulement (décile supérieur), Ch. P. PEGUY et J. MOUNIER, ( 530 ), 1968, p.715.

pondent aux déferlements fréquents d'actives perturbations d'O qui sont souvent responsables de nombreuses crues en Galice et dans les Cantabriques Occidentales<sup>(13)</sup>.

Comme dans le Bassin Parisien, cette forte variabilité des aspects des temps perturbés d'O ne permet pas d'obtenir une classification très satisfaisante des types cycloniques d'O. P. PEDELABORDE<sup>(14)</sup> a montré que de multiples données interviennent pour définir les aspects du temps d'O: non seulement, la trajectoire du courant perturbé, mais encore la nature des masses d'air, "l'intensité originelle du mécanisme cyclonique (pressions très basses ou dépressions faiblement creusées), le stade de vie des cyclones (perturbations jeunes ou occluses) et la phase des cyclones (front chaud, secteur chaud, front froid...)"

Les perturbations d'O atteignent le plus souvent les régions océaniques de la Péninsule Ibérique, alors qu'elles sont encore au stade de jeunesse. Plus exactement, les fronts occlus traversent rarement l'Espagne et le Portugal. Il est donc intéressant pour le géographe : de déterminer ici surtout les rôles respectifs de la phase d'évolution d'une perturbation et de la situation géographique du courant perturbé, d'étudier l'action des courants d'altitude sur l'évolution des masses d'air et l'activité des fronts.

b) Les effets de la phase d'évolution et de la position de la perturbation

L'ambiance thermique semble être plus sensible à la phase d'évolution de la perturbation qu'à la position de la trajectoire suivie par les noyaux de fortes variations négatives

-----  
(13) J. MOUNIER ( 459 ) 1968 p. 451.

(14) P. PEDELABORDE ( 512 ), p. 166.

de pression. Les températures les plus élevées correspondent, après le passage du front chaud, à l'installation de l'air maritime chaud. Mais il arrive également que certaines températures, enregistrées lors du passage du secteur chaud d'une perturbation d'O, soient inférieures aux températures accompagnant l'advection de l'air froid postérieur d'une autre perturbation. La relation entre l'ambiance thermique et la distance de la trajectoire au N de la Péninsule, est moins nette. On s'attendrait à avoir les températures plus régulièrement élevées en situation de perturbation éloignée qu'en situation de perturbation proche ; celle-ci correspondant souvent à un déplacement plus méridional du courant rapide d'altitude et par conséquent à une advection plus poussée vers le S de l'air polaire froid. Or, il n'en est rien, des perturbations traversant le Golfe de Gascogne sont bien responsables des journées plus fraîches, mais d'autres perturbations du même type sont à l'origine des journées douces pendant lesquelles les thermomètres ont enregistré des maximums aussi élevés que ceux provoqués par le secteur chaud d'une dépression longeant une voie septentrionale (fig. 3.6 ).

Les liens entre l'intensité pluviométrique journalière et les principales phases de l'évolution d'une perturbation d'O sont plus évidents. Dans les régions océaniques, comme dans les régions méditerranéennes, les précipitations journalières les plus abondantes sont dues principalement au passage du front froid. Plus exactement, la probabilité de recueillir avec un front chaud des précipitations fortes dont la valeur dépasse 12 mm en 24 heures, est très faible par rapport à la probabilité du même type de précipitations liées au front froid.

Le tableau indiquant les fréquences des intensités pluviométriques<sup>(15)</sup> en fonction des deux fronts d'une perturbation

---

(15) Les limites de classes ont été définies en fonction des résultats obtenus par des analyses statistiques antérieures. Elles doublent à partir de 3 mm qui est la médiane des valeurs des précipitations journalières, dans la plupart des stations océaniques.



d'O à La Corogne est significatif à cet égard.

| FREQUENCES RELATIVES DES INTENSITES PLUVIOMETRIQUES<br>JOURNALIERES A LA COROGNE, EN FONCTION DE LA NATURE DU FRONT EN<br>DECEMBRE-JANVIER (1946-1965) |                       |    |    |    |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|----|----|----|----|
|                                                                                                                                                        | intensités en mm/24 h |    |    |    |    |
|                                                                                                                                                        | 3                     | 6  | 12 | 24 | 50 |
| Front chaud, en % par rapport au total des jours définis par le passage d'un tel front                                                                 | 68                    | 12 | 16 | 4  |    |
| Front froid, en % par rapport au total des jours définis par le passage d'un front froid                                                               | 24                    | 12 | 25 | 29 | 10 |

En revanche, l'intensité des pluies ne semble pas être forcément liée à la position de la perturbation par rapport à la région.

A La Corogne, à San Sebastián, la probabilité d'obtenir des faibles précipitations n'est guère plus forte avec des perturbations éloignées, et d'autre part ces mêmes perturbations septentrionales peuvent provoquer les plus forts abats pluviométriques enregistrés en un seul jour. Ces faits sont confirmés par les résultats d'une étude fréquentielle des précipitations journalières en fonction des courants perturbés.(fig. 3.6).

| INTENSITES PLUVIOMETRIQUES JOURNALIERES, EN FONCTION DES<br>TRAJECTOIRES SUIVIES PAR LES CENTRES DEPRESSIONNAIRES -<br>Déc. + Janv. période 1946-1965 |      |                       |     |      |      |      |       |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----------------------|-----|------|------|------|-------|--|
|                                                                                                                                                       |      | intensités en mm/24 h |     |      |      |      |       |  |
|                                                                                                                                                       |      | 3mm                   | 6mm | 12mm | 24mm | 50mm | 100mm |  |
| PORTO                                                                                                                                                 | I-II | 19                    | 13  | 24   | 24   | 12   | 2     |  |
|                                                                                                                                                       | IV m | 8                     | 16  | 24   | 29   | 23   |       |  |
|                                                                                                                                                       | IV g | 15                    | 2   | 21   | 38   | 21   | 3     |  |
| LA COROGNE                                                                                                                                            | I-II | 34                    | 10  | 23   | 23   | 10   |       |  |
|                                                                                                                                                       | IV m | 36                    | 17  | 23   | 15   | 9    |       |  |
|                                                                                                                                                       | IV g | 32                    | 18  | 30   | 7    | 13   |       |  |
| S. SEBASTIEN<br>IGUELDO                                                                                                                               | I-II | 38                    | 10  | 22   | 15   | 12   | 2     |  |
|                                                                                                                                                       | IV m | 40                    | 16  | 29   | 12   | 3    |       |  |
|                                                                                                                                                       | IV g | 40                    | 11  | 31   | 16   | 2    |       |  |

en % du total des jours caractérisés par chaque type de  
 dépression : I,II dépression d'O éloignée,  
 IV m dépression par la Manche,  
 IV g dépression traversant le golfe de Gascogne.

c) L'action des courants d'altitude sur la diversité

En réalité il faut surtout tenir compte, dans le détail, régionalement, des directions suivies par les fronts et par les masses d'air dont les mouvements sont guidés essentiellement par la nature des grands courants d'O dans la moyenne troposphère. Pour deux situations synoptiques apparemment similaires, les aspects atmosphériques peuvent varier, si au-dessus de la région

étudiée, la vitesse et la direction de ces courants ne sont pas identiques(16).

La circulation en altitude semble avoir un rôle important sur les fluctuations thermiques des temps perturbés d'O. Toutes conditions égales par ailleurs, position du courant perturbé, stade de vie de la perturbation, un courant jet rapide au-dessous du NO de la Péninsule Ibérique serpentant à la limite d'une vallée froide qui tend à se creuser, facilite une advection d'air froid responsable d'un type de temps de traîne plus frais. Un accroissement de l'amplitude des ondulations des courants d'O permet en effet à des masses d'air océaniques qui se sont déplacées sur des régions plus septentrionales d'envahir le Nord de la Péninsule Ibérique et d'y provoquer des baisses de température plus sensibles après le passage du front froid. En revanche, des ondulations moins amples d'un courant d'O moins rapide au-dessus de la Galice ne permet pas à la partie la plus froide de la masse d'air polaire expulsée d'atteindre cette région où les températures restent plus clémentes.

Une illustration de ces liens entre caractères thermiques et circulation d'altitude est donnée par les températures enregistrées à La Corogne en janvier 1961 durant les dernières phases des évolutions de deux perturbations d'O semblables. Au début et à la fin de ce mois, le temps est également commandé par une perturbation d'O qui traverse les Iles Britanniques (fig.3.5 ). Durant les premiers stades de la vie de la perturbation, caractérisés par les passages rapides du front chaud du secteur chaud et du front froid les conditions atmosphériques sont quasi semblables à La Corogne : le 2 janvier les températures restent supérieures à la normale, maximum 13°6 minimum 9°2 et le pluvio-

---

(16) A. HUETZ DE LEMPS. ( 316 ) p. 44, s'appuyant sur les travaux de P. PEDELABORDE (op. cit.).



mètre enregistre une quantité de pluie élevée : 19,8 mm; de même le 31 janvier, avec 14°2 et 10°4 et 20,2 mm. Mais avec l'expulsion de l'air dans le secteur postérieur de la dépression, l'état de l'atmosphère n'est plus le même dans les deux cas. Le 3 janvier une baisse sensible des températures (10°4 et 6°4), des averses orageuses provoquées par le passage de nuages à développement vertical (Cu, Cb) dénotent l'arrivée d'un air froid instable et turbulent. Tandis qu'à partir du 31 au soir et dans la nuit du 1° février, la chute de température est moins brutale, le minimum ne descend pas au-dessous de 10°, et les précipitations assez fortes qui se produisent encore, sont fournies par un système nuageux stratiforme (St-Sc) qui n'entreprend pas des phénomènes orageux.

Dans le premier exemple, la forte expulsion d'un air plus froid qui alimente un temps de traîne instable en se réchauffant par la base, est dirigée par un courant rapide sur le versant occidental d'une vallée froide planétaire, développée en direction de l'Afrique du Nord. Par contre les 31 janvier, la vallée planétaire est beaucoup moins creusée, à peine sensible à la latitude de Madrid alors que l'axe du courant rapide d'O se situe plus au N, au-dessus de la Manche. Dans ces conditions, le déplacement vers le S de la masse d'air froid est entravé et le temps de traîne représente seulement une rapide transition vers un temps anticyclonique.

Surtout, la direction suivie par le front froid et guidée par les courants rapides d'altitude constitue le facteur essentiel qui rend compte régionalement et localement de la forte variabilité des précipitations. En un lieu donné de ce NO Ibérique, les angles entre les directions suivies par les fronts froids et les orientations des principaux éléments du relief littoral et continental contribuent à faire varier fortement les pluies dans le temps et dans l'espace. En fait, l'obsta-

cle géographique doit provoquer le rapprochement des bandes d'instabilité convective qui apparaissent dans le secteur chaud parallèlement au front froid et dont l'existence a été démontrée récemment par les météorologues britanniques<sup>(17)</sup>.

- Cas d'un front froid se déplaçant du SO au NE :  
fortes précipitations dans le S de la Galice

Non seulement, le soulèvement de l'atmosphère imposé par les reliefs élevés contribue à accentuer l'instabilité des masses d'air, mais encore les vallées encaissées des profondes rías orientées SO-NE canalisent l'air humide, qui est soumis à de violents mouvements de convergence. Ceux-ci sont alors favorables aux précipitations abondantes qui se produisent à l'intérieur des Rías Bajas, comme le 17 et 18 janvier 1969 (fig.3.7 ). L'étude des BQE et des Boletines diarios des 17 et 18 janvier montre le déplacement d'une perturbation cyclonique d'Ouest par le centre des Iles Britanniques sous un courant zonal, avec un courant jet rapide à 300 mb soufflant entre la Bretagne et la Galice, après être passé au-dessus des régions tièdes subtropicales de l'Atlantique Occidentale. Le front chaud actif dont la masse nuageuse se prolonge par les nuées du front froid provoque déjà des chutes de pluie importantes au cours de la journée du 17 (20 mm à La Corogne, 36 à Santiago, 23 à Vigo). Principalement, le front froid qui, sous l'effet du courant d'altitude, aborde de plein fouet les grandes échancrures du rivage du S de la Galice provoque des pluies abondantes. Un ciel bas et sombre (Sc et Nb) entretient du 17 - 18 h, au 18 - 18 h des précipitations torrentielles à l'intérieur des rías méridionales : 111 mm à Vigo, 122 mm à Pontevedra, alors que La Corogne reçoit 19 mm seulement!

---

(17) K.A. BROWNING, T.W. HARROLD ( 90 ) , p. 298.  
K.A. BROWNING, ( 89 ) p. 323.

- Cas d'un front froid se déplaçant du NO au SE

Un renforcement de la coulée polaire peut provoquer la déviation du front froid vers le SE. Dans ce cas, la répartition géographique des précipitations est à l'opposé de celle de la situation précédente ; cette fois, les versants exposés au N des massifs de la Galice septentrionale entravent l'écoulement des formations nuageuses et les Rías Bajas occupent une position plus abritée. L'exemple de la situation du 14 décembre 1948 illustre bien les conséquences pluviométriques d'un tel déplacement d'un front froid (fig.3-7a).

Le front froid d'un courant perturbé d'ouest dirigé par une dépression centrée sur l'Islande traverse la Galice du NO au SE, à la suite d'une advection plus puissante d'air polaire froid dans les couches supérieures de la troposphère. Dès lors, le déplacement plus rapide de la vallée froide en altitude place le front froid sous le versant occidental de cette vallée où domine un flux de NO. Dirigé, par ce courant d'altitude, le front froid actif le long duquel s'est développée une puissante formation nuageuse dense de stratocumulus et de cumulus congestus, provoque des précipitations de moins en moins intenses vers le Sud. Diluviennes à La Corogne qui reçoit 91 mm en 24 h, les pluies diminuent dans la région de Vigo où la station de l'Institut recueille près de deux fois moins d'eau (48 mm).

Les pluies sont beaucoup moins abondantes et le temps est plus chaud lorsque le front froid ne traverse pas le N de la Péninsule Ibérique à la suite de modification intervenue dans la circulation en altitude.



- Perturbations d'ouest par la Manche sans front froid :  
type de temps doux, peu pluvieux. 4-5 février.1955

Après une série de perturbations qui se sont déplacées le long du parallèle 50°N provoquant une évolution du temps selon les données décrites précédemment pendant les premiers jours de février 1955, le NO de la Péninsule Ibérique connaît un type de temps quelque peu différent, le 4 et le 5 du même mois.

Le 4, une nouvelle perturbation du front polaire s'accroît sur la façade atlantique de l'Europe et longe le parallèle 50°. La Galice et le Minho sont traversés dans la nuit du 3 au 4 par le front chaud, mais restent dans le secteur chaud formé par une masse d'air maritime chaud, mélange de Pmc et de Tmc. Le 5 au matin, le front froid se rapproche de la Galice sans jamais l'atteindre (fig. 3.7a). Ce n'est que dans la nuit du 6 que le front froid d'une nouvelle perturbation du NO touche le N de la Péninsule Ibérique.

Ainsi, pendant deux jours, la Galice et le Minho se situent à la limite méridionale du secteur chaud de la perturbation de la voie IV. Par suite, le temps reste doux et certaines stations enregistrent même des maxima élevés. Pendant ces deux jours, à Vigo, à Porto, le maximum reste aux alentours de 15°, tandis que le thermomètre dépasse 16° à La Corogne. Bien plus, les minimums sont à peine accusés dans ces stations littorales puisqu'ils restent supérieurs à 12°. Si, dans l'intérieur, comme à Lugo, le thermomètre descend à 9°, l'amplitude diurne thermique reste faible, 3° seulement.

Ce faible écart s'explique bien sûr, par la nature de la masse d'air, mais également par la présence d'un voile nuageux (Sc - Ac) qui couvre presque entièrement le ciel, aussi bien pendant le passage du front chaud que pendant l'installation du

secteur chaud. Partout la nébulosité est forte : 6 à 7 huitièmes. Pourtant, dans les régions littorales les précipitations sont faibles (2 à 5 mm), même, dans les montagnes, les apports restent relativement modérés : 7 mm à Montalegre le 4, 14 mm à Fonsagrada le même jour. Seule, la station de Vigo recueille 15 mm d'eau le 4, car les Rías Bajas sont encore prises en filade par les nuées venues du SO.

Les caractères spécifiques de ce type de situation synoptique : absence du front froid et faibles précipitations, résultent de l'originalité de la circulation dans la moyenne troposphère. Alors que généralement, la vallée froide du courant zonal passe au-dessus de la Galice, cette fois, le creux de l'ondulation des westerlies qui accompagne la perturbation n'atteint pas le NO de l'Espagne. Au contraire, la disposition des isohypses à 500 mb suggère l'existence de deux trains d'ondes en opposition de phase dans le courant zonal au-dessus de l'Europe occidentale. Ainsi, la Péninsule Ibérique est protégée de l'invasion du front froid par une crête chaude planétaire, alors que la vallée froide se développe sur le même fuseau méridien jusqu'à la latitude de Bordeaux.

Cependant, tous les aspects de ce type de temps ne sont pas expliqués par ces conditions dynamiques générales. En effet, le 5 février 1955, la surface de discontinuité s'éloigne encore plus du NO de la Péninsule qui est recouvert d'une masse d'air homogène maritime chaud ( $T_m + P_mw$ ). Et pourtant le temps continue à être couvert, l'insolation relative diminue à Porto pour devenir inférieure à 19 %. Bien plus, les précipitations faibles dans l'ensemble de la Galice augmentent vers le S dans le Minho où certaines stations enregistrent des totaux pluviométriques qui ne sont pas négligeables : près de 4 mm à Porto, 8 mm à Braga ; même en bordure du domaine océanique, les pluies se produisent puisque Coimbra reçoit un peu plus d'eau, le 5 février, que La Corogne.

A cette époque, les radiosondages n'étaient pas encore effectués à La Corogne et il n'est pas possible d'analyser directement la structure verticale de l'atmosphère pour essayer d'expliquer cette répartition des pluies apparemment paradoxale. Cependant, les radiosondages effectués à Lisbonne qui reçoit également quelques bruines nous permettent de voir l'évolution subie par la masse d'air maritime chaud. Entre le 4 février 15 h et le 5, 15 h, la masse d'air présente la double évolution suivante :

- un léger réchauffement dans les couches moyennes et élevées de la troposphère.
- un renforcement de l'humidité et du gradient thermique vertical au-dessous de 2000 m, facteur qui tend à rendre la masse d'air instable, cette évolution est suffisante pour renforcer dans l'après-midi du 5 la couche de strato-cumulus et donner des pluies, principalement en bordure des reliefs exposés aux vents O-SO.

Aussi, l'inconstance des types de temps perturbés d'O est-elle le résultat de ces deux données fondamentales de la circulation atmosphérique, nature des masses d'air qui s'affrontent, direction prise régionalement par les fronts en fonction du déplacement des courants de la moyenne troposphère. Bien sûr, de multiples combinaisons de tous ces facteurs peuvent se produire, et à la limite on peut se demander si l'on peut inclure tous ces aspects différents de l'état de l'atmosphère dans un même type de temps. Cependant, l'évolution du temps, lors des différentes situations perturbées d'O présente toujours les mêmes tendances.

En particulier pour le géographe, la tendance principale réside dans le fait que lors du déplacement de la perturbation d'O, le temps, pour un même stade de vie de la perturbation, varie suivant certaines constantes qui tendent à modifier fortement



la succession des états de l'atmosphère d'une région océanique à une autre. Ainsi, la comparaison entre les stations de la façade atlantique occidentale (Galice et Minho) et celles des régions vascocantabriques, en ce qui concerne les effets climatiques des perturbations d'O met bien en évidence un affaiblissement de ces perturbations au cours de leur mouvement vers le fond du golfe de Gascogne.

### 3°) L'affaiblissement du mauvais temps d'O le long de la côte cantabrique

En fait, le mauvais temps pluvieux prend des proportions beaucoup plus grandes dans les régions océaniques de la façade occidentale. Dans le Minho et la Galice, le temps perturbé d'O s'accompagne de précipitations plus durables entretenues par des masses nuageuses denses que poussent des vents forts : grands frais d'O, ou véritables tempêtes. En revanche, sur les régions littorales du golfe de Gascogne, sur la retombée septentrionale des cantabriques, le ciel moins sombre, bien que parfois très couvert, fournit des pluies moins abondantes tandis que les vents de SO et d'O faiblissent. Cette évolution se retrouve dans la plupart des perturbations d'O quelle que soit leur position par rapport au N de la Péninsule Ibérique.

#### a) Les différenciations régionales et les perturbations d'O éloignées - Exemple du 26 décembre 1959.

Pendant l'hiver, très humide de 1959-1960, des types de temps très pluvieux associés à des perturbations d'O éloignées se sont succédées fréquemment. Ainsi en décembre 1959, d'énormes abats pluviométriques se sont produits sur la Galice et le Minho et le versant Sud des Asturies Occidentales<sup>(18)</sup>.

---

(18) A. LINES ESCARDO, ( 390 ) n°76, p. 456-463.

Plus précisément, le 26 décembre 1959, le front froid d'une dépression traversant l'Ecosse provoque des précipitations torrentielles sur les hauteurs supérieures à 500 m, dans le sud de la Galice et le Minho. Durant cette journée, les records pluviométriques semblent avoir été détenus par les stations des versants exposés des montagnes du Nord du Portugal : 150 mm et plus, à 800 m sur la Serra do Gerez (fig. 33 ).

Ce remarquable épisode pluvieux est dû au déplacement du corps nuageux en direction du NE, entraîné par les courants O-SO rapides de la moyenne troposphère alors que l'ensemble du front froid glisse lentement vers l'E. Aussi, les masses d'air maritime très humides, très instables alimentent-elles des précipitations exceptionnelles au cours de leur ascendance forcée sur les versants exposés au SO des massifs de la Galice et du Minho. L'analyse du radiosondage à La Corogne le 26 à 12 h, c'est à-dire pendant le passage du front froid, souligne l'existence d'une épaisse couche d'instabilité sélective entre 500 et 400 m. Le mauvais temps est ainsi entretenu par la conjonction de divers facteurs atmosphériques : courant rapide d'altitude, instabilité des masses d'air. En fait, ce dernier facteur résulte du premier. Car le courant froid zonal en altitude dont l'axe s'est avancé très loin vers le Sud, au centre de l'Atlantique, aux environs du parallèle 30° de latitude N, entretient le "jet" violent qui souffle des Açores à la Galice, dirige le déplacement rapide de masses d'air polaire qui se chargent d'énormes quantités de vapeur d'eau lors de leur passage sur les eaux plus chaudes du SO de l'Atlantique N. A la surface de ce dernier, l'évaporation est en effet très forte puisque les températures de l'eau, selon les mesures effectuées au S des Açores sont supérieures aux températures des masses d'air en voie de déplacement.

Toutefois, si cette convergence de facteurs atmosphériques est favorable à la genèse de précipitations intenses sur la

façade Occidentale de la Péninsule, elle ne rend pas compte des importantes modifications du temps dans les autres régions atlantiques du N de l'Espagne. Effectivement à l'E de la vallée du Nacea et du col de Pajares, les précipitations diminuent fortement ; les Picos de Europa sont faiblement arrosés par rapport aux massifs du Minho, et les régions littorales vascocantabriques enregistrent seulement des précipitations insignifiantes au cours de la nuit du 27 pendant et après le passage du front froid. Cette diminution des précipitations s'accompagne, d'autre part, d'un fléchissement des vents, alors que des grands frais de SO à O soufflent au cap Finisterre et sur toute la côte galicienne, les vents dans le fond du golfe de Gascogne n'ont plus que des allures de bonne brise<sup>(19)</sup>. Enfin, les caractères thermiques évoluent également, les stations du littoral cantabrique enregistrent avant le passage du front froid des maximums thermiques supérieurs à celles des stations galiciennes. A Vigo, à La Corogne le thermomètre atteint à peine 16° alors qu'il dépasse 18° à Gijón, Santander et Punta Galea.

Tous ces faits montrent bien que les régions situées au N de la ligne des massifs élevés cantabro-pyrénéens jouissent d'une situation d'abri. Mais, cette position favorable joue seulement lorsque les éléments de la perturbation évoluent en relation avec les courants O-SO d'altitude qui se déplacent sur la bordure orientale de la vallée froide des westerlies. Dans cette situation les masses d'air connaissent, lors de leur affaïssement sur la retombée septentrionale des cantabriques, un réchauffement adiabatique qui entraîne une diminution des phénomènes de condensation.

---

(19) Cf. Classification des vents en fonction de leur vitesse dans RANTZEN (571.) , p. 24.



b) Les différenciations géographiques identiques entretenues par les perturbations d'Ouest proches.

Les mêmes contrastes régionaux, la même variation dans l'enchaînement des types de temps apparaissent durant les journées caractérisées par les évolutions des perturbations d'O passant, soit sur la Manche, soit sur le Golfe de Gascogne.

- La perturbation d'O sur la Manche du 5-6 Février 1960.

Le 2 février, une perturbation (D8) se développe à partir d'une déformation du front polaire apparue sur le NE des Etats-Unis. Entraînée par un violent courant d'O aux ondulations de faible amplitude et de courte période, la dépression dont le creusement s'accroît, traverse rapidement l'Atlantique entre les parallèles 45° et 50°N. Aussi les premiers éléments nuageux du front chaud abordent-ils les côtes ibériques dans la nuit du 5 février.

En un peu moins de douze heures, entre 06 et 18h, les trois parties fondamentales de la perturbation ont traversé la Galice et le Minho atteint même le Pays Basque (B Q E du 5 février). Par conséquent, il n'est pas possible de détailler, ici, faute de données précises, les actions respectives sur l'état de l'atmosphère du front chaud, du secteur et du front froid. Dans les régions occidentales, les formations nuageuses de ces éléments sont soudées et ne forment qu'un seul ensemble qui couvre le ciel toute la journée. Par suite, les précipitations qui se produisent sans interruption donnent des totaux pluviométriques fort élevés. Si, le 5, La Corogne reçoit seulement 7 mm, les pluies augmentent rapidement vers le Sud pour atteindre 31 mm à Santiago et 76 mm à Vigo, 60 mm à Braga au Portugal. Nous retrouvons, là encore, le rôle capital de la direction suivie par les fronts qui, poussés

- rapidement par le courant jet O-SO d'altitude, se portent en avant de la dépression où ils sont déviés vers le NE. Pendant toute la journée, en effet, soufflent les vents de SO forts dont des rafales peuvent dépasser 60 à 80 km/h aussi bien sur les régions littorales que sur les massifs montagneux de l'intérieur. A Porto, comme à Montalegre, les vents forts de secteur SO soufflent pendant toute la matinée et l'après-midi, où ils se renforcent un peu avant le passage du front froid ; à 15 h, l'anémomètre de Montalegre enregistre un vent de SO atteignant 82 km/h, celui de Porto Serra do Pilar un vent de SO à 56 km/h. Ce n'est que le soir que le vent faible tourne au NO, avec l'expulsion de l'air froid (Pm) à l'arrière de la perturbation.

La présence de ce courant d'O-SO explique l'affaiblissement du mauvais temps dans les régions littorales du Golfe de Gascogne. Il pleut encore dans les Asturies occidentales ; un ciel bas nuageux noie les hauteurs où les stations élevées comme San Martin de Oscos, San Facundo de Tineo enregistrent d'importants totaux pluviométriques (20 à 30 mm), et les stations côtières : Castropol, Lluarca, Gijón sont autant arrosées que La Corogne. Mais à l'est de la ría de Villaviciosa, au pied des hautes chaînes côtières, de la Cordillera Sueve à la Sierra del Escudo de Cabuérniga, et au-delà de Santander le long de la côte basque, les pluies deviennent insignifiantes sinon nulles. Bien plus, le temps devient plus chaud et plus ensoleillé ; alors que le long du littoral de Porto à Gijon le ciel reste couvert et que les températures maximales oscillent entre 13 et 14°, dans la région de Santander le ciel s'éclaircit et le thermomètre monte jusqu'à 17°2. Ainsi, sur la retombée septentrionale des chaînons se développe une évolution thermodynamique due à un réchauffement adiabatique. Et s'il est difficile de parler ici de foehn, car l'élévation de température est limitée et l'humidité ne descend pas au-dessous de 63 %, il n'en reste pas moins vrai que le flux généralisé de SO entraîne "l'effacement" du

front chaud<sup>(20)</sup>, l'atténuation de l'activité du front froid.

Les oppositions régionales s'atténuent le lendemain avec l'advection de l'air froid maritime. Les précipitations sont encore les plus faibles le long des côtes du Golfe de Gascogne. Cependant, partout le temps est variable, caractérisé par une alternance d'éclaircies et de passages de nuages d'instabilité (Cb). Ceux-ci provoquent de nombreuses averses qui fournissent des quantités d'eau encore appréciables pendant la nuit et le début de la matinée du 6 février : 7 mm à La Corogne, 6 mm à Vigo. Principalement, les pluies sont abondantes sur les régions élevées, des hauteurs de la Galice intérieure (24 mm à Alto de Rodicio, 36 à Fonsagrada) aux collines du Pays Basque (19 à Villabona - 14 à Otzaurte). Toutefois dans ces dernières régions, la baisse de température est plus sensible ; à Santander, le maximum thermique descend à 12°4 tandis qu'il se maintient entre 13° et 14 ° à La Corogne et à Porto. De plus des précipitations neigeuses sont enregistrées sur les Picos de Europa et les hauteurs basques. Cette fois, les conditions atmosphériques ont changé : la carte 500 mb du 6 février 34, nous montre en effet que l'axe de la vallée froide atteint le fond du Golfe de Gascogne et que, par suite de son déplacement rapide vers l'E, toutes les régions océaniques sont placées sous le flux O-NO du versant occidental de cette vallée. Or, ce flux dirige une masse d'air froid maritime qui devient très instable après un soulèvement en bloc au-dessus des reliefs.

Nous ne possédons pas de radiosondage, mais la comparaison des variations hygrothermiques de l'atmosphère dans les régions basses et de celles des régions montagneuses du Minho nous permet de mettre en évidence une structure verticale favorable

---

(20) GODSKE, (272), p.611 "Masking" du front chaud par réchauffement de l'air préfrontal, entraîné ici par le flux de SO.



à l'instabilité convective sélective. Si le 6 février 1960 à l'arrivée de l'air froid, les températures maximales ne varient guère dans les régions littorales, en revanche, dans les régions élevées, la baisse de la température est plus remarquable : à Montalegre, le maximum passe de  $9^{\circ}1$  le 5 à  $4^{\circ}9$  le 6. Corrélativement, la diminution de l'humidité relative est plus forte dans cette station qu'à Porto ; ici, elle passe de 99 % à 83 %, là elle descend de 94 % le 5 à 9 h à 73 % le 6 à 9 h. La présence d'une couche inférieure relativement tiède et humide, sous une couche froide et sèche favorise ainsi, l'instabilité. Le caractère très convectif de la masse d'air s'explique par le réchauffement de ses basses couches, lors de son long parcours sur l'Atlantique à des latitudes moyennes.

Ce réchauffement est bien sûr plus atténué pour le secteur septentrional de cette masse d'air qui alimente la décharge polaire. Or, du fait de la circulation sur la bordure occidentale de la dépression, ce secteur arrive directement dans le fond du Golfe de Gascogne dont la surface est elle-même moins chaude que celle du centre de l'Océan à latitude égale<sup>(21)</sup>. Par conséquent, les couches inférieures de l'air qui abordent les régions vasco-cantabriques, à l'Est de Gijon, sont moins chaudes et le gradient thermique vertical y est moins élevé. Aussi dans ces régions le temps de traîne est-il plus frais et moins pluvieux.

Quoi qu'il en soit le fait essentiel réside dans le changement des variations régionales en fonction des directions des flux dans la moyenne troposphère. Ces différenciations sont encore plus sensibles lorsque les ondulations des courants d'O sont plus amples et que les coulées froides sont plus enfoncées vers le S.

---

(21) Cf. supra p. 515.

- L'évolution du temps avec la dépression traversant le Golfe de Gascogne du 21-23 février 1960.(fig. 3.8).

Du 21 au 23 février 1960, une dépression fortement creusée, 980 mb, se déplace lentement vers l'Est, du point K au Golfe de Gascogne<sup>(22)</sup>. En fait, elle représente la base d'une colonne froide tourbillonnaire issue d'une coulée polaire dont l'importance apparaît sur la carte 500 mb. Le 21 février elle dirige sur la Péninsule Ibérique une perturbation dont l'évolution a déjà atteint le stade de l'occlusion. L'air chaud et humide ainsi soulevé alimente une épaisse formation nuageuse disposée en spirale<sup>(23)</sup>. Ce corps nuageux traverse, dans la même journée, toutes régions océaniques du Portugal et de l'Espagne qui pourtant connaissent des états de l'atmosphère fort différents.

Dans le Minho et la Galice règne un mauvais temps pluvieux et peu chaud. Des vents de SO forts aux vitesses moyennes de 30 à 50 km/h soufflent sur toute la façade O atlantique, accompagnés de violentes rafales qui dépassent parfois 100 km/h sur le littoral du Minho. Par suite, rapidement entraînées les formations nuageuses denses (Sc-Ns-Cb) provoquent en 12 h de fortes précipitations dans le N du Portugal et les Rías Bajas : Porto 17 mm - Vigo 25 mm, 40 à 60 mm sur les massifs élevés. Enfin dans toutes ces régions, les températures maximales ne dépassent pas la normale (13° à Porto et à Vigo, 12° à La Corogne) du fait de l'absence de secteur chaud.

L'ambiance change sensiblement à l'E de la ría d'EO et au N des plus hauts massifs des Asturies. Sur les régions littorales du Golfe de Gascogne, le ciel reste encore couvert, mais uniquement par des nuages stratiformes (St, Sc) qui attestent une dimi-

---

(22) A. LINES ESCARDO, ( 390 ) n°78, p.173.

(23) Comme le montrent depuis les photos de satellites, représentant une perturbation à ce stade d'évolution - U S Weather Bureau 1963.

nution de l'instabilité. Dès lors, les précipitations sont très faibles, marquant à peine le passage du front occlus ; à Gijon comme à Santander le pluviomètre recueille tout juste 1 mm durant les dernières six heures de la journée. De plus, les vents de SO faiblissent (20 à 30 km/h) tandis que les températures maximales augmentent plus fortement (17° à 18° à Gijon et Santander). Tous ces éléments d'analyse confirment donc l'existence dans les régions vascocantabriques d'un temps moins pluvieux, mais plus chaud et probablement plus "lourd".

Ce contraste est à nouveau la conséquence des directions suivies par les courants atmosphériques par rapport aux grandes orientations topographiques. Alors que l'ensemble du front occlus se déplace vers l'E, un fort courant de SO (vent géostrophique 150 km/h au niveau isobarique 500 mb) souffle sur toute la Péninsule Ibérique dans la basse et moyenne troposphère. Il est certain que cette fois encore, ces conditions sont favorables : d'une part à un soulèvement en bloc et à une convergence de l'air, maintenue dans les régions du Minho, de la Galice, des bordures occidentale et méridionale des Cantabriques, et d'autre part à un réchauffement adiabatique des masses d'air en cours d'affaissement sur la bordure N vascocantabrique. C'est dans des conditions identiques que l'activité du front froid secondaire qui envahit le lendemain le N de la Péninsule, s'atténue vers l'E. Dans le Minho et la Galice, les nuages d'instabilité (Cu, Cb) qui accompagnent cette surface de discontinuité provoquent des précipitations du même ordre de grandeur que celles de la veille, tandis qu'à Santander le passage du front occlus, dans la nuit du 22 au 23 donne encore de faibles pluies, à peine supérieures à 2 mm. Au total, pour ces deux jours les variations pluviométriques sont très importantes, les quantités enregistrées varient du simple au dix (fig. 3.3) d'une région océanique à l'autre, bien que la situation synoptique soit caractérisée par les mêmes données.



Cependant à la phase finale de l'évolution de la dépression, lorsque celle-ci aura atteint le Bassin Méditerranéen, le contraste pluviométrique se sera un peu atténué entre la Galice et le Pays Basque. Car le 23 février, avec le déplacement vers l'E de la colonne tourbillonnaire, un courant O-NO s'établit dans la basse et moyenne troposphère au-dessus du Golfe de Gascogne. Ce courant qui se heurte cette fois aux versants septentrionaux des hauteurs basques, réanime l'activité du front froid et fait ensuite régner sur le Pays Basque un temps de traîne très instable. Dans cette région, les pluies frontales et postfrontales sont alors plus importantes : 29 mm à Igueldo, 24 mm à Elduayen tandis que les stations de la Galice reçoivent entre 1 et 5 mm. Car dans le Pays Basque, l'accroissement de l'instabilité n'est pas dû seulement au soulèvement en bloc de l'air frais et humide, mais également à l'effet de convergence imposée par les conditions topographiques qui favorisent la canalisation du flux de NO entre les plus hauts massifs des Cantabriques orientales et les Pyrénées Occidentales<sup>(24)</sup>.

Ainsi dans tous les cas, les conditions géographiques entretiennent une véritable fragmentation des courants perturbés d'O.

#### 4°) Conclusion de l'intérêt géographique de l'étude détaillée des perturbations d'O.

Ainsi, le mauvais temps d'O en circulation zonale rapide agit diversement sur l'ambiance atmosphérique au-dessus des régions océaniques très humides en hiver. Si en général une perturbation d'O est responsable d'un temps pluvieux généralisé sur le NO et le N de la Péninsule, les aspects quantitatifs de certains éléments climatiques varient fortement à l'intérieur

-----

(24) Cf. Les conditions géographiques régionales, supra p. 530.

même de ce domaine océanique. La contribution des perturbations d'O à la formation du maximum pluviométrique hivernal est donc fort inégale d'une région à l'autre. Très forte dans tout l'O océanique, dans le Minho, le Tras os Montes, la Galice et les Cantabriques occidentales, elle se réduit à l'E dans les Asturies occidentales et le Pays Basque. Plus précisément, en moyenne les précipitations provoquées par les différents types de perturbation d'O représentent 54 % du total pluviométrique mensuel à La Corogne, 43 % à San Sébastien Igueldo pendant le mois de décembre, et respectivement 52 % et 40 % en janvier.

Les apports pluviométriques journaliers diminuent du S au N sur la façade atlantique occidentale, du Minho et des Rías Bajas d'une part, à la Galice septentrionale d'autre part. Surtout, ils décroissent de la Galice au Pays Basque ainsi que le prouve le tableau suivant :

| FREQUENCES COMPAREES DES PRECIPITATIONS JOURNALIERES PAR CLASSES D'INTENSITE DONNEE, EN % DU NOMBRE DE JOURS PERTURBES D'O - MOIS JANVIER (1946-1965) |                      |    |    |    |    |    |     |  |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|----|----|----|----|----|-----|--|--|
| Stations                                                                                                                                              | Intensité en mm/24 h |    |    |    |    |    |     |  |  |
|                                                                                                                                                       | 0                    | 3  | 6  | 12 | 24 | 50 | 100 |  |  |
| PORTO                                                                                                                                                 | 20                   | 13 | 27 | 21 | 18 | 1  |     |  |  |
| VIGO                                                                                                                                                  | 15                   | 24 | 30 | 22 | 17 | 2  |     |  |  |
| LA COROGNE                                                                                                                                            | 33                   | 15 | 28 | 19 | 5  | 0  |     |  |  |
| SANTANDER                                                                                                                                             | 60                   | 10 | 16 | 8  | 6  | 0  |     |  |  |
| SAN SEBASTIAN                                                                                                                                         | 49                   | 14 | 19 | 14 | 4  | 0  |     |  |  |
| IGUELDO                                                                                                                                               |                      |    |    |    |    |    |     |  |  |

En fait, les différences quantitatives ne représentent pas le seul intérêt. La variété de succession des états de l'at-

mosphère au cours de l'évolution d'une perturbation d'O constitue également une donnée climatique importante. Ainsi le contraste atmosphérique entre, d'une part le temps créé par le déplacement du front chaud et le secteur chaud, et d'autre part le temps de traîne, avec l'expulsion de l'air froid, est plus contrasté dans les régions des Asturies orientales et le Pays Basque.

Dans le Minho et la Galice, le temps doux très pluvieux se maintient pendant tout le déplacement vers l'O des trois éléments de la perturbation : front chaud, secteur chaud, front froid entraînés avec le versant oriental de la vallée planétaire où dominent les vents de SO et O SO. Dans une ambiance douce, les pluies tombent sans arrêt, avec toutefois une intensité redoublée à l'approche et au passage du front froid. A l'arrivée de celui-ci, et avec l'arrivée du versant occidental de la vallée, les températures baissent en général de 3 à 4° bien que le ciel s'éclaircisse, les pluies intermittentes tombent sous forme d'averses provoquées par des nuages d'instabilité dont le fréquence dépend de l'instabilité de la masse d'air froid postérieur.

Dans les régions vascocantabriques le style est effectivement différent. Pendant les premières phases de l'évolution, tant que les courants se maintiennent au SO, le temps est plus doux, voire plus chaud, et beaucoup moins pluvieux malgré le passage des surfaces de discontinuité dont l'activité est très affaiblie sous l'effet d'un courant descendant. Seul le front froid peut donner des pluies importantes si l'évolution de la circulation générale le place dans le versant occidental de la vallée froide où soufflent des vents d'O-NO à NO. Car la masse d'air froid postérieur est soumise en abordant le continent à un mouvement ascendant. C'est pourquoi également, le temps de traîne devient plus instable et plus humide avec les précipitations postfrontales dont l'importance a déjà été soulignée par



P. Pedelaborde sur le versant N des Pyrénées<sup>(25)</sup>. Cette modification dans la répartition des pluies s'accompagne d'une variation plus sensible de l'ambiance thermique. L'élévation de température, au début de l'évolution de la perturbation entraîne, en effet, une baisse relativement plus marquée des températures. Cette variabilité plus grande des températures en régimes perturbés d'O, dans les régions littorales du fond du golfe de Gascogne, ressort clairement d'une étude des distributions des températures quotidiennes à Porto, La Corogne et Santander (fig 3.7b).

- B) L'ACCENTUATION DES CONTRASTES REGIONAUX AVEC LES PERTURBATIONS DE SO EN CIRCULATION MERIDIENNE.

Par rapport aux types de temps créés par les courants perturbés d'O, les temps dépressionnaires de SO sont nettement plus individualisés dans le NO de la Péninsule Ibérique que dans d'autres régions de l'Europe Occidentale, comme le Bassin Parisien<sup>(26)</sup>. Surtout ils se caractérisent par des oppositions régionales beaucoup plus accentuées. Les systèmes cycloniques de SO font régner un temps doux et très pluvieux sur le Minho et la Galice tandis qu'ils sont à l'origine d'un temps plus chaud et plus sec sur les régions vascocantabriques.

Les déplacements des fronts et des masses d'air maritime instable du SO au NE sont responsables de précipitations abondantes et souvent intenses, accompagnées de vents relativement

(25) P. PEDELABORDE, ( 516 ) p. 35.

(26) P. PEDELABORDE, ( 512 ) p. 199.

forts, sur le Minho et la Galice. Comme dans les Canaries, ce sont des "bourrasques de sud-ouest"<sup>(27)</sup> ; des bourrasques d'autant plus actives dans ces régions ibériques que les massifs montagneux, de par leur disposition, ralentissent et déforment les flux humides de SO instables suivant des mécanismes identiques à ceux étudiés en Scandinavie<sup>(28)</sup>. Les lames d'eau qui s'abattent, principalement sur les reliefs exposés sont souvent énormes, dépassant fréquemment 100 mm, en 24 heures au-dessus de 800 m<sup>(29)</sup>. En général, les intensités pluviométriques journalières sont donc plus élevées que lors des passages des perturbations d'O. Mais principalement, l'originalité des temps cycloniques de SO réside dans leurs caractères thermiques ; ils sont toujours accompagnés de températures clémentes et parfois élevées. Développés dans les versants orientaux des vallées planétaires de grande amplitude, ces régimes cycloniques entraînent l'advection de masses d'air chaud (Tm ou Pmw) et de masse d'air polaire maritime froid en voie de réchauffement après leurs déplacements au-dessus de régions subtropicales océaniques (Açores et Madère). Aussi, les secteurs chauds provoquent-ils des hausses importantes du thermomètre, et l'arrivée du Pmf à l'arrière du front froid se marque rarement par des chutes accusées de température. Géographiquement, les caractères atmosphériques varient en fonction de l'orientation des régions par rapport aux courants cycloniques de SO. Ainsi, la région des Rías Altas, relativement abritée, reçoit beaucoup moins de précipitations que les régions littorales des Rías Bajas et du Minho.

A fortiori, les régions du littoral cantabrique jouissent d'une situation d'abri, au N d'une barrière topographique qui provoque d'importantes transformations thermodynamiques des masses d'air venues du SO. Ces transformations sont plus

---

(27) A. HUETZ DE LEMPS ( 317) p. 89-91.

(28) J. BJERKNES, H. SOLBERG, ( 71), p. 17.  
GODSKE op. cit. p.607.

(29) A. HUETZ DE LEMPS, ( 316), p. 45.

poussées que dans les perturbations d'O, car le flux méridien dans les régimes cycloniques de SO est plus puissant et plus durable. Dès lors, non seulement il pleut plus rarement sur la façade N des hauteurs vascocantabriques, mais encore, pendant les premières phases de l'évolution, le ciel est clair et les températures atteignent des valeurs très élevées pour l'hiver, donnant au Sur, ce vent venu du S, les caractéristiques du foehn.

Bien sûr, dans le détail les caractères généraux du temps, ses variations régionales varient encore en fonction de nombreux critères : vitesse et direction exacte des courants en altitude, stades de vie de la perturbation, mais surtout position et type de déplacement des cyclones du SO. C'est à partir de ces données que dépendent en dernière analyse la nature des masses d'air maritime et la durée de leur advection.

1°) Les différenciations régionales avec les courants perturbés de SO atlantiques éloignés de la Péninsule. Ex. 4-6 février 1957

Du 4 au 6 février 1957, le NO de la Péninsule Ibérique est effleuré par une perturbation (D3) se déplaçant des Açores à la Scandinavie, entre la dépression islandaise fortement accusée et un anaticylone méditerranéen. Cette perturbation se creuse sur une ondulation frontale développée sous un puissant flux de SO en altitude ; elle se forme dans la région où s'accroît rapidement la valeur positive du tourbillon relatif comme l'indique à 500 mb le système des isohypses séparés par des intervalles de plus en plus espacés vers les basses altitudes<sup>(30)</sup>. A ce niveau isobarique, en effet, souffle un courant jet rapide de SO

---

(30) J. LE PAS et G. ROCHE, ( 386 ), T. II, p. 11-12.



sur le versant oriental d'une vallée planétaire bloquée le long de la façade atlantique de l'Europe.

Le déplacement de la perturbation entraîne l'extension vers le NE, en direction des Iles Britanniques d'un coin d'air tropical maritime chaud tandis que l'air polaire maritime avance vers le Sud jusqu'à Madère et les Canaries. Ainsi, sur la Galice et le Minho, déferlent successivement un front chaud, un secteur chaud étroit et un front froid très étiré dans le sens de la latitude. Cette succession rappelle l'évolution d'une perturbation d'O ; mais cette fois, le front chaud peu actif ne donne guère de précipitations. Le mauvais temps couvert du secteur chaud est plus général et surtout le passage du front froid est beaucoup plus lent provoquant d'abondantes précipitations.(fig.3.13).

Le 4 février, l'advection d'air tropical maritime s'accompagne d'un temps tiède fortement nuageux. Partout, l'atmosphère est lourde avec des températures relativement élevées : les maximums se maintiennent un peu au-dessus de 15° dans les régions littorales, et à 1000 m d'altitude dans les Serras du NE du Minho, ils ne descendent guère au-dessous de 9°. L'amplitude thermique diurne reste particulièrement faible en Galice où les minimums enregistrés dans la nuit du 4 au 5 sont à peine accusés : 12° à La Corogne et à Vigo, 10° à Santiago. Il est vrai que la couverture nuageuse ralentit fortement le rayonnement. Pendant toute la journée, le ciel est resté entièrement couvert par une couche épaisse de nuages stratiformes bas et moyens (Sc - Ac et As) qui s'étalent aussi bien sur le front chaud que dans le secteur chaud. C'est à l'intérieur de ce secteur que se produisent dans l'après-midi et en fin de journée les premières précipitations bien avant l'arrivée du front froid. Celles-ci sont faibles et modérées dans les régions basses littorales (quelques dixièmes de millimètres à La Corogne et à Porto) ; mais elles sont un peu plus importantes sur les hauteurs du Minho exposées aux vents

de SO : 4 mm à Montalegre, 7 mm à Castro Laboreiro à 932 m d'altitude. Il n'est pas facile de déterminer avec précision l'importance des précipitations préfrontales de relief par rapport aux précipitations provoquées par les formations nuageuses du front froid. En fait, la genèse des pluies de la partie occidentale du secteur chaud s'explique par les conditions favorables à l'instabilité convective. Le courant plus frais et plus sec en altitude, dévié par le relief suit en effet une direction plus méridienne que celle suivie par le secteur chaud, de sorte que la partie occidentale de celui-ci est surmonté par de l'air de plus en plus froid et de plus en plus sec. Le radiosondage de Lisbonne du 4 février à 15 h TU souligne l'existence d'une couche d'air plus sec au-dessus de 3000 m qui favorise l'apparition de l'instabilité dans le cas d'un soulèvement en bloc de l'atmosphère imposé par des conditions topographiques.

Evidemment, ces conditions thermodynamiques s'accroissent au voisinage du front froid qui traverse le NO Ibérique dans la journée du 5. Bien plus, il semblerait qu'une advection d'air plus froid se soit produite à l'altitude de 1500 m, augmentant les conditions de l'instabilité de l'atmosphère. La courbe d'état de l'atmosphère humide pour les points situés au-dessus de 1000 m s'éloigne beaucoup plus des lignes pseudoadiabatiques que celle de la veille.

Toujours est-il que le front froid dont le passage s'accompagne d'un renforcement des vents, est responsable de précipitations diluviennes enregistrées dans toutes les régions élevées du NO Ibérique. La carte pluviométrique du 5 février 1957 (fig.3.10) met bien en évidence la répartition des précipitations en fonction de l'orientation des reliefs par rapport au courant perturbé du SO. Sans entrer dans une analyse détaillée de la carte, il est possible de dégager quelques grandes données générales :

. l'existence de fortes précipitations sur tous les versants montagneux exposés au SO, même sur les massifs plus éloignés, situés à la limite de la Galice et du León.

. la diminution rapide des précipitations sur les versants opposés, de sorte que les isohyètes sont beaucoup plus rapprochées sur le versant sous le vent que sur le versant au vent<sup>(31)</sup>.

. les quantités énormes recueillies sur les hauteurs septentrionales du N du Portugal (Serras do Gerez, de Amarel, de Laboreiro) et par analogie, sur les massifs de la Galice (Sierra de Suido, Faro de Avion).

. la diminution remarquable des précipitations sur le littoral septentrional de la Galice par rapport aux pluies enregistrées le long des Rías Bajas et les régions basses du Portugal.

. enfin et surtout la rareté, quand ce n'est pas l'absence total des précipitations, sur le versant septentrional des Cantabriques.

Pendant ces deux jours, les pluies sont inappréciables à Gijón et à Santander, et encore ne pleut-il que très faiblement à la fin de la journée du 4, lors du passage du front chaud en voie de désagrégation. Car, le temps sur la bordure du golfe de Gascogne est plus ensoleillé et plus chaud ; à Gijón, à Santander, le soleil brille pendant près de la moitié de la journée et les maximums thermiques atteignent 18° pendant que l'humidité relative descend au-dessous de 50 %. Incontestablement cet état résulte d'un fort réchauffement adiabatique de l'air humide et frais à l'avant du front chaud. Or, le même jour à León, il pleut et le thermomètre ne dépasse pas 6°. Ainsi, le Sur, vent de S-SSO

---

(31) Contrairement au tracé des isohyètes proposé pour la répartition des pluies en fonction du relief dans certains ouvrages de cartographie.



qui souffle dans la matinée et l'après-midi du 4 à Santander peut être considéré comme un foehn dont l'action a atténué fortement l'effet du front chaud<sup>(32)</sup>.

Le 5 février, le temps lourd et chaud continue à régner sur les régions basses des Asturies et du Pays Basque. Le vent du S persiste à apporter un air chaud, étouffant pour la saison. La montée du thermomètre qui dépasse 20°, à Gijón et à Santander, est encore en relation avec le réchauffement de l'air Tm en voie d'affaissement. Celui-ci qui alimente des précipitations sur la Galice intérieure et sur le versant méridional des Cantabriques, redescend sur la façade septentrionale beaucoup moins chargée d'humidité. Ainsi après avoir retrouvé un état de non-saturation, il se réchauffe rapidement suivant la loi de l'adiabatique sèche pendant la phase finale de sa descente<sup>(33)</sup>. Cependant, au milieu de la journée un air plus rapide commence à s'écouler en altitude, avec le déplacement lent vers l'E du versant oriental de la vallée planétaire qui s'accompagne d'un accroissement du tourbillon relatif et par suite d'une accentuation des phénomènes de convergence. Dans ces conditions, le caractère barocline<sup>(34)</sup> de l'atmosphère doit augmenter, entraînant le renforcement des mouvements ondulatoires sous le vent des chaînes montagneuses<sup>(35)</sup>. Dès lors les nuages d'onde, les bandes parallèles d'Ac deviennent plus denses, se resserrant de plus en plus pour faire place progressivement à un voile d'As à l'approche du front froid. La nébulosité augmente ainsi, au début de la nuit du 6, mais la permanence du courant de SO descendant entrave l'activité du front qui fournit seulement de très faibles pluies, sur tout le littoral vascocantabrique.

---

(32) GODSKE, ( 272 ) op cit p. 611.

(33) cf. supra p. 526.

(34) Selon K. FREY, la descente du foehn s'effectue selon un mouvement barocline - cf APICARD ( 542 ) p.58.

(35) N. GERBIER, M. BERENGER, ( 265b ) n° 20 1960, p. 1.

L'arrivée de l'air maritime plus froid après le passage du front entraîne dans les régions occidentales une faible diminution de la température au cours de la journée du 6 : les maximums ne descendent pas au-dessous de 13° à La Corogne et à Porto. Toutefois, favorisée par un ciel plus clair, la baisse des minimums par rayonnement est plus accentuée puisque les températures nocturnes les plus basses sont partout inférieures à 7°. Mais auparavant, l'air d'origine froide s'est réchauffé en se déplaçant sur les régions sub-tropicales de l'Atlantique. Alimenté en énergie et en humidité, il constitue un air polaire de retour très instable, favorable à la formation de Cu bourgeonnants et de Cb qui donnent des averses irrégulières, et quelques chutes de neige sur les plus hauts sommets, du Minho (Montalegre) aux Cantabriques occidentales (Leitariegos). Mais du fait du déplacement qui se fait toujours en direction de l'E NE, les formations nuageuses fournissent surtout des précipitations dans les régions les plus méridionales de la Galice : Vigo reçoit encore 13 mm alors que La Corogne enregistre à peine 1 mm.

De même les pluies restent insignifiantes sur la bordure du Golfe de Gascogne. Cependant, la chute des températures est plus sensible. Dans les stations littorales les températures diminuent de 5°C, et l'atmosphère devient moins étouffante. Nous retrouvons ici, comme pour les perturbations d'O un rythme thermique plus contrasté. Cependant si le foehn chaud et desséchant ne souffle plus, il règne encore pour la saison un beau temps faiblement nuageux. Car aussitôt après le passage du front froid, et avec le mouvement sur la Péninsule Ibérique de l'axe de la vallée planétaire, les courants dans la basse et moyenne troposphère suivent une direction moins méridienne, peu favorable au processus thermodynamique de formation du foehn. Mais en même temps, la forte diminution du gradient de pression, concrétisée par le brusque écartement des isohypses (BQE - carte contour 500 mb le 6 février à 0 3 h), marque un affaiblissement du tour-

billon relatif et des mouvements ascendants qui s'étaient développés au passage du front.

En conclusion, il faut insister sur la variété des faciès géographiques de l'état de l'atmosphère en période cyclonique de SO sur l'atlantique. Outre les fortes oppositions thermiques dues à l'apparition du foehn sur la côte cantabrique, il faut également souligner les très grandes variations de répartition géographique des précipitations. Ce type de temps contribue à expliquer les faibles covariations interannuelles qui unissent, même en hiver, les régions océaniques entre elles. Tandis que février 1957 est un mois très humide dans le Minho (100 mm de plus que la normale à Porto), les Rías Bajas (50 mm de plus à Vigo), il est à peine plus humide que le mois moyen dans le N de la Galice (10 mm de plus à La Corogne), et il est moins pluvieux dans les régions vascocantabriques, 50 à 60 % de la normale seulement. Or dans la première décade, du 4 au 8 février, le flux perturbé de SO dirigé par des dépressions atlantiques fournit 50 % à Porto, 40 % à Vigo, 18 % à La Corogne et seulement 1 à 2 % à Gijón, Santander et Igueldo, des précipitations de février 1957.

## 2°) Les courants perturbés de SO passant à proximité de la Galice

En hiver, les contrastes régionaux à l'intérieur du domaine océanique humide sont également dus à des dépressions qui suivent des trajectoires SONE passant au voisinage de la côte atlantique occidentale de la Péninsule Ibérique. En fait, ces courants perturbés correspondent à des situations synoptiques variables que l'on peut cependant regrouper en deux catégories :

- d'abord, les situations créées par les perturbations qui naissent sur l'Atlantique à la latitude des Açores, se dirigent vers l'est, puis sont déviées vers le NE avant d'atteindre la Péninsule Ibérique lorsque la circulation se ralentit en



Europe Occidentale où se stabilise une ondulation anticyclonique de grande amplitude.

- ensuite, celles liées aux dépressions qui se creusent face au Maroc et au Portugal, et qui, dirigées par des courants violents de SO en altitude, se déplacent en direction des Iles Britanniques après avoir passé directement sur le Minho et la Galice.

a) Perturbation de SO déviée, passant au N de la Galice. Exemple du 26-28 mars 1958.

Sur la bordure occidentale d'une vaste colonne tourbillonnaire cyclonique stabilisée sur le centre de l'Atlantique N s'établit un courant perturbé des Açores au SO des Iles Britanniques. Dans l'après-midi du 25, une ondulation d'un front séparant deux masses d'air polaire se dessine aux environs des Açores sous un courant d'altitude 134 noeuds à Lajes. Guidée par ce mouvement sur la bordure de la colonne tourbillonnaire, l'ondulation se déplace rapidement vers le NE, tout en s'amplifiant. Dès lors, le lendemain 26, apparaît au SO des coordonnées du point K ( $45^{\circ}$  N,  $16^{\circ}$  O) une dépression fortement creusée qui se dirige vers le canal St Georges où elle se stabilisera pendant toute la journée du 28. Au cours du déplacement de cette perturbation, les régions océaniques, du Minho au Pays Basque sont traversées par une série de fronts. Ainsi pendant l'après-midi et la soirée du 26 se succèdent deux fronts chauds qui sont à leur tour suivis, dans la nuit du 26 au 27, par un front froid. Celui-ci se déplace rapidement vers l'E NE de sorte que toute la Péninsule Ibérique baigne dans la même masse d'air polaire maritime durant les journées du 27 et du 28.

Cette évolution entraîne des conséquences climatiques similaires à celles provoquées par les courants de SO plus éloignés. Ainsi, le temps reste-t-il très doux et excessivement

pluvieux dans le Minho et en Galice pendant ces 3 jours. Les totaux pluviométriques enregistrés à la fin de l'évolution de la perturbation sont fort élevés tant sur les versants montagneux exposés au flux humide de SO (Alto de Radicio 76 mm, Montalegre 166 mm) que sur les plateaux intérieurs (Santiago Labacolla 114 mm, Braga 68 mm) et les régions littorales (Porto 53 mm, Vigo 50 mm). D'autre part, l'on retrouve la même diminution des précipitations du S vers le N, puisque la Corogne ne reçoit que 11 mm. Enfin, ce type très pluvieux est accompagné de températures clémentes, légèrement supérieures aux normales, car les températures maximales restent comprises entre 15 et 16° dans la plupart des stations proches du littoral océanique.

Le fait géographique essentiel réside encore dans le brutal changement de l'état de l'atmosphère dans les régions basses intérieures et littorales vascocantabriques. Dès les Asturies occidentales et jusque dans le Pays Basque le temps demeure chaud et très faiblement pluvieux. Les stations côtières (Gijón, Santander, San Sebastián) enregistrent des maximums thermiques compris entre 18 et 21°. Le soleil y brille durant près de la moitié de la journée, caché de temps en temps par des nuages élevés (Ac - As). Aussi les précipitations sont-elles rares ; à Santander des pluies modérées tombent bien dans la soirée du 26 (4 mm en 6 heures), mais ensuite il faut attendre l'après-midi du 28 pour que le pluviomètre recueille des précipitations inappréciables. La pluviosité est encore plus faible dans la région de San Sebastián où des pluies fines se produisent à la fin de la journée du 26 seulement. (fig.3.12).

A nouveau, les mêmes causes produisent les mêmes effets. Abrité, le littoral vascocantabrique est encore sous l'action du "Sur" qui présente plusieurs fois les aspects du foehn. Les allures des régimes diurnes de la température à San Sebastián sont significatives à cet égard. Au milieu de

la journée du 26, une brusque élévation de température se produit avant l'arrivée du front chaud ; c'est dire que le coup de foehn éclate dans la masse d'air polaire froid du secteur antérieur de la perturbation et provoque la rupture des fronts selon les aspects représentés depuis par les photos de satellite<sup>(36)</sup> (fig.3.12b).

Cependant, par rapport à la situation précédente, l'évolution du temps présente des caractères originaux.

- Originalité de ce type de perturbation - Elle réside dans la répartition des précipitations à l'intérieur des régions pluvieuses et dans les variations thermiques.

En tenant compte des renseignements horaires fournis par les stations de La Corogne, de Porto et de Coimbra, le 26, les précipitations les plus intenses se produisent dans l'après-midi lors du passage des fronts chauds (9 mm à Porto entre 14 et 15 h), et non pendant la nuit avec le déplacement du front froid. L'étude comparée des radiosondages (fig.3.12a) effectués le 26 à La Corogne et au point K met en évidence la très forte instabilité des masses d'air séparées par le premier front chaud. Ainsi, les conditions d'instabilité sélective sont remplies d'abord dans les basses couches, jusqu'à 2 000 m, où le taux de décroissance de la température est proche du taux de décroissance de l'adiabatique sèche, ensuite dans les couches moyennes entre 5 000 et 6 000 m. Le soulèvement en bloc de cette atmosphère entraîne donc sur une grande épaisseur le développement d'une forte instabilité qui explique le développement de cumulonimbus et l'apparition de phénomènes orageux dans le Minho et les Rías Bajas.

---

(36) cf. supra p. 527.



C'est également par la comparaison entre les radio-sondages des deux mêmes stations du 28 mars que nous pouvons comprendre l'origine des fortes précipitations qui se sont produites dans le NO pendant les journées du 27 et du 28, bien après le passage du front froid à l'intérieur de la masse d'air polaire plus froid du secteur postérieur de la perturbation. Lors de son long déplacement sur l'océan dans les latitudes subtropicales cet air a subi sur sa bordure méridionale, un réchauffement et s'est chargé d'humidité, à la suite d'un transfert d'énergie de l'océan à l'atmosphère. L'instabilité a alors entraîné le développement de formations nuageuses denses (Ns, Cb) responsables des précipitations abondantes enregistrées particulièrement durant l'après-midi du 28 mars.

Mais ce même jour, la masse d'air au cours de son mouvement descendant sur le versant N cantabrique, subit également des transformations thermodynamiques. Celles-ci sont une nouvelle fois responsables d'une évolution vers une situation de foehn, accompagnée d'une poussée de température et d'une absence totale de précipitations dans la région de San Sébastian.

Ainsi, l'advection de cette masse d'air froid évolué dans le secteur postérieur de la perturbation ne provoque pas une baisse sensible des températures diurnes extrêmes et explique l'absence de temps de traîne comme cela se produit avec les perturbations d'O.

b) Perturbations de SO passant par La Galice, très pluvieux et doux sur la Galice - effet de foehn sur le littoral cantabrique. Exemple le 19-20 janvier 1959 (fig.3.1b)

L'extension d'une vallée planétaire froide de très grande amplitude jusqu'aux latitudes tropicales, entraîne l'établissement d'un puissant courant de SO sur l'Europe occiden-

tale. Sur le versant oriental de cette vallée soufflé un jet stream dont la vitesse atteint 200 km/h au cours de la nuit du 19 janvier au niveau de la tropopause à 1'O de la Galice (cf. radicosndage du point K fig.3.11b).

Dans ce courant de SO rapide où apparaît une situation barocline<sup>(37)</sup> se forment des ondulations du front froid associé à la colonne dépressionnaire stabilisée sur la façade atlantique des Iles Britanniques, une de ces ondulations engendre, au N de Madère, un noyau de baisse barométrique dans la nuit du 19 janvier. Bien que la dépression soit à peine marquée, son déplacement vers le N NE, en direction de la Galice, est responsable des précipitations intenses et continues recueillies pendant la journée du 19 et la nuit du 20 (fig. 3-11) dans les régions occidentales de la façade atlantique de la Péninsule.

Les pluies journalières sont fortes à La Corogne, à Porto, à Montalegre, mais les intensités comprises entre 40 et 50 mm/24 h n'ont rien d'exceptionnel. En revanche, des totaux pluviométriques records sont enregistrés dans la Galice centrale et dans les Rías Bajas. Des précipitations diluviennes, supérieures à 100 mm en 24 h, se produisent dans deux secteurs : l'un comprenant les hauteurs situées entre le Rio Ulla et le Rio Tambre, et où l'on repère un maximum de 152 mm à Herbon Padron ; l'autre, axé sur les hauteurs dominant la Ría de Vigo et les massifs intérieurs situés à l'est de la dépression méridienne. Là sur la bordure orientale, la station de Bugarin Pedre reçoit 132 mm. Or, ces précipitations maximales enregistrées en 24 heures à Herbon et à Bugarin Pedre ont une probabilité très faible de se produire, comme l'ont montré des études récentes, réalisées par des agronomes espagnols, concer-

---

(37) La carte contour à 500 mb, le 19 janvier 12 h montre bien que les isothermes ne sont pas parallèles aux isohypses.

nant les intervalles de récurrence des précipitations maximales annuelles en 24 heures. D'après les cartes établies par F. Elias et ses collaborateurs<sup>(38)</sup> les fortes précipitations supérieures à 130 mm/jour, se produisent une fois seulement tous les 10 ans. Réparties sur des secteurs étendus d'un bassin versant, elles sont responsables de graves crues comme celles le 19 janvier 1959, du Rio Ulla et du Rio Tambre qui enregistre ce jour-là le plus fort débit du mois de janvier pour la période 1943-1959<sup>(39)</sup>.

Ces épisodes pluvieux exceptionnels s'expliquent bien par le passage de l'ondulation du front se déplaçant rapidement vers le N NE, à proximité de la Galice. La forte activité de ce front semble être en rapport dans la moyenne troposphère avec une avancée de l'air froid qui provoque ainsi l'accroissement du gradient thermique vertical (cf. radio-sondage de Lisbonne, fig. 3.1b) Au cours d'un soulèvement, l'atmosphère passe alors de l'état d'instabilité latente à celui d'instabilité convective sélective. Ces conditions ne peuvent que se renforcer dans les rías encaissées de la Galice méridionale qui canalisent l'air doux et humide. En outre, l'air froid postérieur est un air radiatif qui devient très convectivement instable en se soulevant le long des versants exposés au SO. La convergence de ces facteurs géographiques et thermodynamiques est ici encore à l'origine de fortes variations pluviométriques d'une région à l'autre de la Galice.

Bien plus, une nouvelle fois le flux de S-SO se heurte à la barrière cantabrique. A l'est du Cap Vares, les précipitations diminuent fortement ; et surtout, le temps change totalement. De Gijón à San Sebastián le temps est chaud et ensoleillé quoique se couvrant l'après-midi ; dans ces stations le 19 janvier les températures maximales (17-19°) dépassent de 4° à 6° celles des stations littorales de la Galice !

---

(38) F. ELIAS ( 193 ), p. 242.

(39) Aforos, année 1958-1959. A. PORTOMOURO, dans le cours inférieur du rio Tambre pour un bassin versant de 1146 km<sup>2</sup> le débit atteint 537 m<sup>3</sup>/sec alors que le débit moyen en janvier est de 61,7 m<sup>3</sup>/sec.



Ce vent de S, le Sur chaud et desséchant souffle toute la journée à Santander. Bien plus le renforcement du foehn avant l'arrivée du front froid crée une atmosphère étouffante au début de la nuit ; à 21 heures le thermomètre enregistre le maximum de la journée ( $19^{\circ}2$ ) alors que l'humidité relative tombe à 29 % ! L'existence du foehn est d'ailleurs confirmée par l'étude comparée de l'évolution du gradient thermique maximal (fig.3.11b) entre Santander et Reinosa, station proche du partage des eaux entre le Rio Besaya, sur le versant des Cantabriques, et l'Ebre.

Le taux de décroissance des températures maximales normales est du même ordre de grandeur que le gradient adiabatique saturé ; de même le 17 janvier, caractérisé par un type de temps de décharge polaire avec pluie et vent de N NE. L'advection de l'air chaud maritime venu du sud provoque un accroissement de température généralisé dans la région le 18 janvier, mais bien qu'il ne pleuve pas et que l'air ne soit pas saturé, l'augmentation de température à Santander par rapport à Reinosa n'est guère plus élevée que la veille ; l'effet de foehn ne se fait pas encore sentir. En revanche, le lendemain Santander enregistre une élévation appréciable de la température maximale tandis qu'à Reinosa la température maximale augmente à peine. Même si le nouveau taux de décroissance de la température est légèrement inférieur au gradient adiabatique sec, il faut attribuer le gain de température de Santander à l'effet de foehn<sup>(40)</sup>.

---

(40) J. MARCHINI, ( 423 ), p. 172 - pour étudier l'effet de foehn à Grenoble et mettre en évidence le faux foehn, compare les différences des températures mesurées et l'écart adiabatique sec entre Lus-la-Croix Haute et Grenoble, et ceci avant et après l'apparition du vent de S dans le fond de la vallée de l'Isère. Or en atmosphère réelle les transformations thermodynamiques ne sont pas exactement adiabatiques. D'autre part, A. PICARD explique que le gain de température en effet de foehn est inférieur à l'écart adiabatique théorique, par le fait qu'une partie de l'énergie calorifique est transformée en énergie mécanique, (542 ), p. 56.

Toutefois, cet effet ne dure pas et ne se maintient pas après le passage du front froid comme cela s'est produit avec le précédent type de perturbation de SO. Par suite du mouvement descendant des masses d'air, le front froid est bien sûr peu actif, fournissant de très faibles pluies sur toute la façade septentrionale des Cantabriques, mais son passage marque la fin du temps chaud. Le 20 janvier, à Gijon, à Santander règne un temps de traîne nuageux et plus frais avec des températures maximales qui ne dépassent guère 14°. Le lent déplacement vers l'est du versant oriental de la vallée planétaire a pour conséquence l'advection en altitude d'un air plus froid et se déplaçant plus rapidement. Dès lors, l'action thermodynamique de la subsidence compense à peine les effets de l'instabilité de l'atmosphère renforcé par le contraste thermique entre l'air doux des basses couches et l'air très froid en altitude.

### 3°) Les types de temps perturbés de SO dirigés par les dépressions stables.

Le flux perturbé de SO est également commandé par ces dépressions qui se stabilisent sur l'Atlantique, à l'O ou au NO de la Péninsule Ibérique. Ces cellules de basses dépressions apparaissent lorsque le courant zonal se ralentit, et correspondent à deux grands types : d'une part, ce sont les "vortex" de grandes dimensions centrés sur l'Atlantique Nord, d'autre part, elles représentent les bases de colonnes tourbillonnaires plus étroites, immobilisées sur la bordure océanique de la Péninsule après s'être détachées du versant oriental d'une vallée froide issue du Canada ou du Groenland.

Elles peuvent diriger pendant plusieurs jours des masses d'air maritime chaud ou réchauffé qui subissent également des transformations thermodynamiques en traversant la chaîne des Cantabriques.

a) Dépression stabilisée sur l'Atlantique N. Perturbation moins active. Exemple du 13-15 mars 1963.

Une vaste colonne tourbillonnaire, vortex de grandes dimensions s'étend sur tout l'Atlantique Nord entre les Açores et l'Islande. Sur sa bordure et au contact d'une cellule anticyclonique développée du bassin Méditerranéen à la Scandinavie, s'établit une circulation de SO entraînant dans un premier stade l'invasion de la façade atlantique de la Péninsule par de l'air tropical maritime chaud. Celui-ci aspiré vers les centre du vortex, forme un secteur nettement délimité par un front chaud et un front froid dont les déplacements commandent l'évolution du temps (fig.3.13).

- Le beau temps de secteur chaud. Effet du foehn sur les Cantabriques.

Pendant la matinée du 13 mars, le front chaud effleure la Galice où, s'il s'accompagne d'une formation nuageuse continue (As) il ne provoque pas de précipitations parce qu'il s'insinue sous la crête anticyclonique (500 mb) où dominent des mouvements de subsidence.

De fait, les radiosondages de La Corogne et de Lisbonne représentant la structure de cette extrémité de front chaud inactif, mettent en évidence une inversion de température entre 1 000 et 2 000 m et une faible humidité de l'air chaud supérieur subsident. Mais, les conséquences de la subsidence augmentent vers le S expliquant un temps plus chaud et plus ensoleillé dans le Minho qu'en Galice ; à La Corogne où le ciel reste couvert d'une couche d'As, le thermomètre ne dépasse pas 14°2 tandis qu'à Porto la température maximale atteint 16°7 et le soleil brille pendant plus de la moitié de la journée.(fig. 3.11c).

Toutefois, c'est encore avec les régions du Golfe de



Gascogne que les différences sont les plus marquées. De fait, à Santander, à San Sebastián sous l'action du vent chaud de S, la température augmente fortement par rapport à la veille. L'analyse des différences thermiques entre Reinsa et Santander le 13 confirme l'apparition du foehn alimenté par l'air froid au-dessous du front chaud. Car le taux de croissance de la température devient supérieur au gradient adiabatique non saturé alors que la veille il était inférieur au gradient adiabatique humide (fig.311c). Aussi, le lendemain, quand la couche supérieure chaude commence à descendre le versant Cantabrique, le temps devient-il très chaud et desséchant. Le 14 mars, à Santander, par effet de foehn, la température maximale ( $22^{\circ}2$ ) atteint le record du mois !

Ce jour-là, le front froid et l'air froid postérieur ont déjà envahi la Galice et le Minho.

- L'action du front froid et de l'air froid de retour.  
L'accentuation des contrastes régionaux.

Effectivement, au cours de l'après-midi du 14, le front froid sur l'ensemble du NO de la Péninsule crée un type de temps pluvieux et doux dont les nuances régionales rappellent celles analysées dans les types de temps dépressionnaires de SO : diminution régulière des précipitations du Minho à la Galice septentrionale : 9 mm à Porto, 7 mm à Vigo, moins de 0,5 mm à La Corogne - accroissement rapide des pluies sur les versants exposés au SO.

Pourtant, les précipitations restent modestes et la baisse de température est à peine sensible. Par suite de l'éloignement du centre de la dépression c'est évidemment la partie moins active du front froid qui traverse la région. L'air froid inférieur ( $\theta_w = 7^{\circ}$ ) présente bien de faibles conditions

d'instabilité sélective ; selon le radiosondage de La Ccrogne la courbe d'état est faiblement inclinée par rapport à l'adiabatique saturée. Le transfert d'énergie de l'océan à la masse d'air, lors du passage de celle-ci sur les régions subtropicales (latitudes inférieures à l'Ile Madère) s'est effectué sur une forte épaisseur entraînant une diminution du gradient thermique vertical. D'autre part, le front froid évolue sous la limite occidentale d'une crête chaude où domine encore des mouvements de subsidence en altitude.

Cette masse d'air peu instable à l'origine se réchauffe et s'assèche en s'affaissant sur le versant septentrional des Cantabriques. Aussi, le front froid au cours de son passage ne fournit-il pas de précipitations dans les régions basses cantabriques. Dans la journée du 15, règne à nouveau un temps chaud ( $19^{\circ}6$  à Santander et à San Sébastien) quoique assez nuageux. Malgré tout, on peut encore admettre, compte tenu du fort taux d'accroissement de température entre Reinosa et Santander (fig.3.11c), que ce temps chaud est dû à un effet de foehn. Mais, cette fois le foehn se produit dans cette masse d'air froid postérieur et avant l'arrivée du front chaud d'une nouvelle perturbation qui a déjà traversé la Galice à la fin de la journée du 15 et atteint le fond du Golfe de Gascogne dans la nuit du 16. La permanence de ce fort réchauffement adiabatique doit être en relation avec le nouveau développement en altitude de la crête d'air chaud. La partie occidentale de cette ondulation anticyclonique commence en effet à surmonter l'air froid en voie d'affaissement, activant ainsi l'effet de subsidence.

D'ailleurs, le foehn n'existe plus le lendemain malgré l'existence d'un flux de SO après le passage rapide de la perturbation. Sur la carte à 500 mb le 16, les ischypses décrivent une courbure cyclonique qui dénote un accroissement du

tourbillon relatif et la disparition de la subsidence. Dès lors dans les régions vasco-cantabriques, le temps est plus frais et pluvieux, quoique les pluies enregistrées soient toujours faibles.

Dans l'ensemble ces dépressions atlantiques dont le centre est fort éloigné du NO Ibérique apportent moins de précipitations que les courants perturbés de SO ou les dépressions stabilisées à l'O de la Galice.

b) Dépression stabilisée sur la façade atlantique de la Péninsule Ibérique - Exemple du 28 janvier - 1er février 1965.

Le 28 au matin (BQE 06 h TU) une vaste dépression (D8) passe au-dessus des Açores pour se diriger vers l'Europe. Elle semble être en voie de dégénérescence, attestée par le faible resserrement des isobares et par l'occlusion qui tend à se développer. Or, dans l'après-midi, la dépression se creuse et devient plus active ; non seulement l'occlusion n'évolue plus, mais encore l'ensemble front chaud, secteur chaud, front froid se développe et se déplace vers le NE en direction de la Péninsule Ibérique qu'il traverse le 29 et 30 janvier. Mais, pendant que les formations frontales évoluent sur l'Europe, le centre de la dépression s'est stabilisé sur l'Atlantique face à la côte portugaise où il se maintient jusqu'au début du mois de février tout en se comblant.

- La régénération de la dépression des Açores

Cette dépression est plus exactement la base d'une colonne tourbillonnaire cyclonique détachée d'une coulée froide venue du NE du Canada. Si, cette dépression semble être peu active le 28 (BQE 00h TU) lorsqu'elle passe au sud de la cellule anticyclonique islandaise elle-même détachée du flux zonal



(cutoff High), en revanche, elle apparaît beaucoup plus creusée le 29. Cette régénération est en relation avec une nouvelle poussée d'air chaud à l'avant de la colonne tourbillonnaire que l'on constate dès le 28 au-dessus des Açores, et également avec une nouvelle alimentation en air froid quand la colonne se trouve dans l'axe de la vallée froide venue de Scandinavie. Des conditions thermiques sont ainsi remplies pour permettre la réanimation du mouvement tourbillonnaire cyclonique autour de son axe vertical. Cependant, l'alimentation en air froid ne dure pas, le vortex rénové évolue indépendamment de la coulée polaire scandinave qui se déplace plus rapidement vers l'est. Aussi, la colonne tourbillonnaire à nouveau isolée finit-elle par se stabiliser entre les Açores et la Péninsule Ibérique où elle disparaît lentement.

Mais auparavant elle dirige sur la Péninsule Ibérique des ondulations du front polaire dont l'évolution se concrétise par des enchaînements d'états de l'atmosphère fort différents à l'intérieur même du domaine océanique.

- L'enchaînement des états de l'atmosphère dans la Galice et le Minho.

La première perturbation formée d'un front chaud (fig.3.13) et d'un front froid (2.) très rapprochée traverse uniquement le Minho puis la Galice du 28 au soir au matin du 29. Puis, un autre front chaud (3.) d'une seconde ondulation prolonge immédiatement le front froid précédent. Le déplacement de ces surfaces de discontinuité est si rapide qu'il n'est guère possible d'isoler avec précision les effets de leur passage. Car, le mauvais temps généralisé règne toute la journée du 29. Les précipitations recueillies en 24 heures sont partout très élevées : 17 mm à La Corogne, 38 mm à Vigo, 56 à Braga, 45 mm à Montalegre. Partout il règne un temps très humide et

doux avec des températures qui dépassent de très loin les normales du mois de janvier ; toutes les stations en bordure de l'océan enregistrent des maximums thermiques compris entre 15 et 16° (fig. 3.14).

Il semble bien que l'essentiel des pluies enregistrées est dû au passage de la première ondulation. L'analyse des radiosondages à La Corogne explique l'activité des fronts par une instabilité sélective plus marquée de l'air froid (cf. radiosondage du 29, 00h). L'air chaud est de fait plus stable (cf. 30, 00h et 30, 12h) ce qui explique l'arrêt des précipitations à La Corogne pendant l'installation du secteur du chaud. Cette stabilité de l'air chaud et humide à l'intérieur duquel le gradient thermique vertical n'est guère supérieur au gradient adiabatique saturé, explique également la faible activité du front froid (4.) de la deuxième ondulation. Celui-ci fournit des précipitations journalières moyennes dans le Minho, et dans les Rías Bajas, mais de très faibles pluies seulement à La Corogne l'après-midi du 30. Car comme le précisent les radiosondages, et contrairement au tracé du front sur le BQE (30, 06h), le front froid s'éloigne seulement vers l'est, durant la seconde moitié de la journée du 30. (fig. 3.14)

En effet, le radiosondage du 31, 00h souligne l'existence d'un air beaucoup plus froid ( $\theta'_w = 8^\circ$ ) que celui qui était présent sur la Galice 12 heures auparavant ( $\theta'_w = 11^\circ$  à  $12^\circ$ ).

Avec l'arrivée de cet air froid s'installe un temps de traîne relativement beau, le 31 janvier et le 1er février. Le ciel s'éclaircit, les nuages dispersés (Cu As) n'apportent plus de précipitations, sinon sur quelques hauteurs intérieures et le thermomètre remonte enregistrant des maximums élevés

pour la saison :  $16^{\circ}4$  à La Corogne,  $17^{\circ}2$  à Porto. En réalité les isobares s'écartent, l'air commence à s'affaïsser, la dépression dégénère. Déjà sur les régions Cantabriques avance un anticyclone continental qui met fin au beau temps que ces régions ont connu pendant les derniers jours de janvier.

- L'évolution du temps dans les régions vascocantabriques.

Il suffit d'observer les variations des éléments atmosphériques (fig 314) à La Corogne et à Santander pour se rendre compte que cette même situation synoptique correspond à des successions du temps fort différents. A nouveau, sur le littoral cantabrique le temps chaud et ensoleillé se maintient pendant toute la durée de l'évolution de la perturbation. A certain moments, le Sur présente encore les caractères du foehn. La brutale montée de température l'après-midi du 29, à Santander et la comparaison avec les températures de Reinosa suggèrent que ce vent chaud a dû souffler juste avant le front chaud (1.) qui ne provoque pas de précipitation. Mais c'est surtout au cours de l'après-midi du 30, avec le passage du secteur chaud, que l'effet de foehn est le plus sensible ; maximum  $20^{\circ}4$  à Santander, le record du mois ! Cette évolution thermodynamique annihile encore l'action du dernier front froid (4.) qui se déplace dans le fond du Golfe de Gascogne à partir du 30 au soir seulement.

L'advection de l'air froid postérieur entraîne la brutale disparition du temps très chaud qui fait place du 31 janvier au 1 février à un temps doux et ensoleillé. Ces jours-là, le vent faible venu du S ne possède plus les caractères du foehn ; le gain de température de Santander par rapport à Reinosa est beaucoup plus faible que l'accroissement thermique dû à un réchauffement adiabatique en air sec.



Quoi qu'il en soit ce type de dépression contribue aussi à diversifier fortement les régions océaniques entre elles.

4°) Conclusion sur les effets dominants des types de temps cycloniques de SO.

Par rapport aux perturbations d'O, les perturbations de SO sont responsables de types de temps plus chauds accompagnés cependant d'une pluviosité beaucoup plus variable. Comme pour les perturbations d'O, toutes les perturbations de SO n'engendrent pas exactement la même ambiance atmosphérique. Avec les types de temps perturbés de SO, les différents éléments climatiques et à fortiori leurs combinaisons fluctuent dans les limites d'une "fourchette" assez ouverte (fig.3.15), c'est dire que toute classification de ces types de temps ne peut être entièrement satisfaisante.

Cependant cette fois, la position du centre de la dépression par rapport à la Péninsule représente un premier critère valable. Les dépressions qui se déplacent du SO au NE ou se stabilisent au milieu de l'Atlantique sont responsables d'un temps plus chaud accompagné de précipitations moins fréquemment intenses. Plus précisément avec ce type de perturbation, le front chaud, d'abord peu actif, marque le début d'une poussée de température qui dure pendant tout le temps du déplacement d'un secteur chaud très large. Ce n'est qu'avec l'arrivée du front froid que le mauvais temps pluvieux se développe ; les pluies tombent parfois avec violence, mais la baisse de température est très limitée car l'air froid polaire de retour a eu le temps de se réchauffer au-dessus des eaux chaudes subtropicales de l'Atlantique.

En revanche, les perturbations passant à proximité de la Galice sont à un stade plus évolué. Ce sont des fronts très rapprochés ou des pointes de secteur chaud avec un début d'occlusion qui traversent la Péninsule Ibérique. Dès lors, la phase chaude est très courte ou inexistante, d'où des maximums thermiques beaucoup moins élevés, tandis que le ciel reste longtemps couvert de formations nuageuses denses (Nc-Sc et Cb), poussés par des vents forts de S-SO et capables de provoquer des précipitations abondantes, voire torrentielles.

En fait, la typologie des types de temps doux perturbés de SO est dépendante des conditions de la circulation atmosphérique en altitude. Plus précisément, les aspects du temps, l'activité des fronts, sont encore fonction de la forme, de la vitesse et de la température du courant de S-SO de la moyenne troposphère, comme l'a montré P. Pedelaborde en étudiant le climat des Pyrénées<sup>(41)</sup>.

Généralement, dans le secteur oriental de la dépression atlantique éloignée, le front chaud et le secteur chaud se déplacent d'abord sous le bord occidental de la crête d'air chaud. Or, la subsidence qui existe à la limite de cette ondulation anticyclonique stagnant au-dessus de l'Europe, facilite la frontolyse et contribue à augmenter la température. C'est seulement lorsque cette bordure se déplace vers l'E faisant place au versant oriental de la vallée froide où domine un courant rapide que le mauvais temps se développe le long du front froid. En fait, les aspects du temps dépendent de la nature de cette advection froide qui, si elle est puissante, peut provoquer des déformations du front, une avancée de celui-ci, au-

-----

(41) P. PEDELABORDE ( 516 ), p. 27.

dessus de l'air chaud provoquant une forte instabilité génératrice d'abondantes précipitations. Or, il est certain que ces conditions d'instabilité barocline avec jet violent de SO se réalisent plus fréquemment en bordure orientale d'une grande vallée froide planétaire dont l'axe est proche de la Péninsule. Par contre, l'activité du front froid s'affaiblit lorsque cette surface évolue sous une crête chaude.

Ces conditions de la circulation en altitude interviennent aussi pour nuancer les oppositions régionales des états de l'atmosphère dans les limites synoptiques d'une perturbation de SO. Car dans ces limites, le temps varie fortement d'une région à l'autre. L'affaiblissement de ce type de perturbation vers le N de la Galice, et surtout dans le Golfe de Gascoque, est encore plus sensible que celui des perturbations d'O. Dans les régions basses vascocantabriques la chute des précipitations est remarquable comme le prouve le tableau suivant :

| DISTRIBUTION DES INTENSITES PLUVIOMETRIQUES JOURNALIERES. EN % DU NOMBRE TOTAL DES JOURS DE TEMPS PERTURBE DOUX de SO. |                       |    |    |    |    |    |     |  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|----|----|----|----|----|-----|--|
|                                                                                                                        | intensités en mm/jour |    |    |    |    |    |     |  |
|                                                                                                                        | 0                     | 3  | 6  | 12 | 24 | 50 | 100 |  |
| PORTO                                                                                                                  | 15                    | 22 | 13 | 17 | 19 | 13 | 1   |  |
| LA COROGNE                                                                                                             | 25                    | 24 | 16 | 6  | 13 | 6  |     |  |
| SAN SEBASTIÁN                                                                                                          | 26                    | 57 | 6  | 6  | 3  |    |     |  |
| IGUELDO                                                                                                                |                       |    |    |    |    |    |     |  |



Bien sûr, les conditions topographiques entraînent la déformation et le morcellement du courant perturbé de SO. Ainsi, le mauvais temps est surtout très pluvieux dans les régions littorales du Minho et des Rías Bajas, parce que les accidents topographiques arrêtent ou canalisent les vents de SO et surtout parce que ces régions sont traversées par un flux de S SO

convergent et accéléré à la suite de la déviation du courant des basses couches par les massifs élevés de l'intérieur<sup>(42)</sup>. De même, c'est l'obstacle des Cantabriques qui met à l'abri le littoral du Golfe de Gascogne où règne, pendant l'évolution d'une situation cyclonique de SO, un temps plus chaud, plus ensoleillé, parfois plus lourd et surtout rarement pluvieux.

Cependant, les seules conditions topographiques n'expliquent pas tout, puisque le rapport entre les divers aspects régionaux du temps se modifie avec la phase d'évolution de la perturbation, et varie pour une même phase d'une perturbation à un autre. Le vent de S, le Sur, qui souffle avec force sur le versant N vascocantabrique n'est pas toujours un foehn, alimenté par le réchauffement adiabatique d'un air sec en voie d'affaissement. De fait ce vent de S ne provoque pas toujours à chaque perturbation une hausse spectaculaire de températures. Parfois, il pousse des formations nuageuses basses qui donnent des pluies, même si elles sont de faible intensité. Et, le plus souvent l'apparition du foehn coïncide avec des phases déterminées de l'évolution de la perturbation.

L'étude détaillée de quelques exemples précis d'apparition du foehn nous a montré que celui-ci se développe :

---

(42) cf. supra p. 530.

d'abord juste avant le front chaud qui est complètement "effacé", ensuite plus fréquemment à l'intérieur du secteur chaud, et enfin exceptionnellement dans l'air froid postérieur. Car le plus souvent en altitude, la bordure occidentale de la crête d'air chaud, ou une ondulation anticyclonique secondaire, coiffe le secteur antérieur de la perturbation à cheval sur le front chaud ; dès lors l'effet de la subsidence dynamique vient s'ajouter à l'effet topographique. En revanche, lorsqu'un courant froid de SO rapide s'installe en altitude et demeure après le passage du front froid, l'instabilité se propage sur le versant sous le vent, rarement compensé par l'évolution thermodynamique. Alors le vent de S devient un simple vent rabattant qui n'entretient pas une forte augmentation de température, mais entrave toutefois le développement vertical des nuages.

D'ailleurs les contrastes régionaux tendent à diminuer avec les perturbations de SO passant exactement sur le NO de la Péninsule, et directement alimentées par des coulées froides venues du N ou du NE. Ce type de perturbation est aussi responsable d'un temps frais et humide qui se généralise à tout le domaine océanique.

## I b - LES TYPES DE TEMPS PERTURBES FRAIS ET HUMIDES EN HIVER

---

L'on peut classer dans les types de temps à pluies de tendance froide les situations synoptiques qui provoquent des :

- précipitations neigeuses ou partiellement neigeuses sur les hauteurs au-dessus de 900 à 1 000 m d'altitude, c'est-à-dire dans les stations de relief élevé pour lesquelles nous possédons des données régulières : Montalegre dans le Minho, Alto de Rodicio au SE de la Galice, Fonsagrada au NE de la Galice, Leitariegos dans les Cantabriques occidentales, Sotres dans les Picos de Europa.

- des précipitations liquides, très rarement neigeuses, sur les régions littorales, mais toujours accompagnées de températures qui restent inférieures aux normales.

Les conditions synoptiques favorables à ces combinaisons des éléments atmosphériques sont variables. Cependant, elles peuvent être regroupées entre deux types principaux : les types perturbés de SO par la Galice, les types perturbés de NO. Or, cette classification ne repose pas seulement sur la direction des trajectoires suivies par les dépressions mais encore sur les différenciations régionales climatiques engendrées par ces deux groupes de situations, des différenciations dont le sens varie complètement d'un type à l'autre.



- A) LES TYPES DE TEMPS FRAIS DE SUD-OUEST

-----

- La pérennité des faibles précipitations dans les régions vascocantabriques.

Les masses d'air maritime qui abordent le Minho et la Galice par le Sud-Ouest en situation cyclonique ne font pas toujours régner un type de temps pluvieux et doux. Les précipitations apportées par les fronts qui se déplacent du SO au NE s'accompagnent parfois de températures relativement basses. Ces types de temps couverts caractérisés par des pluies froides de sud-sud-ouest sont liés à plusieurs modèles de situations synoptiques sur l'Europe occidentale : dépression mobile du SO au NE traversant la Galice, dépression stabilisée au NO de cette région. Cependant, ces dernières présentent quelques traits généraux similaires :

- . un centre dépressionnaire au nord-ouest de la Galice qui dirige un flux SO sur l'ensemble du domaine océanique.
- . une goutte froide en altitude isolée ou en voie d'isolement alimentée par de l'air polaire et arctique venu directement d'Islande ou de Scandinavie.

En effet, la cause de l'originalité de ces courants de SO est de nature synoptique. Elle réside dans la position du vortex qui se développe à l'extrémité d'une coulée polaire axée sur la façade occidentale de l'Europe tandis qu'une crête d'air chaud s'étend sur l'Atlantique Nord, entretenant un anticyclone océanique. De sorte que, le tourbillon est alimenté par un air très froid arctique scandinave qui n'a pas le temps de se réchauffer au contact de l'océan comme l'air froid des coulées polaires axées du N du Canada au SO de l'Europe.

Il en résulte deux conséquences thermiques :

- 1) L'air doux venu de l'Atlantique, chargé d'humidité est aspiré par le vortex où il subit un refroidissement plus marqué.
- 2) L'air froid de retour qui envahit par le SO le Minho et la Galice à l'arrière de la perturbation tend à provoquer une plus forte baisse de température.

Ainsi, ces situations synoptiques, proches sur de nombreux points des perturbations de SO analysées précédemment, créent une ambiance plus fraîche dans l'ensemble du domaine océanique. Les températures journalières (fig 3.15b) sont régulièrement inférieures aux normales ; sauf dans les régions vasco-cantabriques qui jouissent encore d'une situation d'abri et reçoivent encore de faibles précipitations.

1°) Le courant perturbé frais de Sud-Ouest par la Galice -  
Exemple : 30-31 décembre 1962.

Une dépression, se dirige des Açores à la Bretagne en passant exactement sur la Galice comme la perturbation D9 des 30 & 31 décembre 1962 (fig 3.16). C'est la deuxième dépression d'un courant perturbé qui se développe à partir du 28, à la fin d'une période de circulation méridienne. L'évolution de cette circulation aboutit à l'isolement d'un anticyclone islandais alors que, sur l'Atlantique entre les Açores et l'Irlande, une colonne cyclonique se détache d'une vallée froide dont la racine est située en Scandinavie. Sur la bordure méridionale de cette colonne naît et évolue la dépression qui se déplace vers les Iles Britanniques après avoir effleuré la Galice le 30 décembre au soir.

a) Temps frais et pluvieux dans le Minho et la Galice

Après un "fraîchissement" et une rotation du NO au S des vents, la première phase de ce type de temps est marquée par l'approche du front occlus qui atteint le littoral du Minho et les Rías Bajas. Dans ces régions et tout le reste de la Galice, le ciel se couvre d'abord d'un voile de Sc, puis d'un corps nuageux dense et bas, formé d'un épais Ns. Ce dernier est le principal responsable des précipitations abondantes enregistrées dans la journée du 30 décembre. La station de La Corogne recueille 12 mm, mais dans le S de la Galice et le Minho les pluies sont beaucoup plus intenses. Sur l'aérodrome de Vigo, exposé à 242 m, au vent de SO, le pluviomètre recueille près de 47 mm d'eau ; l'observatoire de Serra do Pilar de Porto reçoit des pluies sous forme de fortes averses ; sur les 28 mm d'eau mesurées pendant la journée, 12 mm sont tombés en une seule heure au milieu de l'après-midi !

Cet épisode pluvieux est en rapport avec le déplacement de la pointe du secteur chaud et le début du front occlus qui commence à s'enrouler autour de l'axe central de la perturbation. Les fortes précipitations sont dues au soulèvement en altitude d'un air polaire chaud et chargé d'humidité, mais également aux conditions d'instabilité conditionnelle présentées par l'air froid antérieur et surtout par l'air froid postérieur, comme semble le confirmer l'analyse des radiosondages, effectués à La Corogne avant et après le passage du front occlus (30 déc. à 00 h - 31 déc. 00 h). Ce sont les advections successives de ces masses d'air froid qui maintiennent de faibles températures dans le Minho et la Galice. Si pendant ces deux jours le thermomètre dépasse légèrement 12 ° à Porto, en revanche les températures maximales atteignent à peine 10° à La Corogne, 9° à Vigo.



Après le passage du front occlus, le ciel s'éclaircit à l'aube du 31. Mais, cette amélioration de la luminosité est de courte durée ; bientôt, avec l'arrivée d'un front secondaire développé à partir de la rétrograde du front occlus<sup>(1)</sup>, le ciel se couvre de nuages convectifs qui fournissent de violentes averses accompagnées en certains endroits de phénomènes orageux (aérodrome de Vigo).

b) Un temps moins frais et moins humide dans les régions vascocantabriques.

Cette fois, les contrastes régionaux sont peut être moins spectaculaires que lors des situations perturbées de SO de temps doux généralisé. Cependant, les différences n'en sont pas moins importantes ; dans l'ensemble des régions vascocantabriques, le temps est moins nuageux, moins pluvieux et plus doux. Partout, le ciel n'est jamais entièrement couvert, et les maximums thermiques oscillant entre 13 et 14° le 30 et 31 décembre, dépassent quelque peu les normales.

Surtout le premier jour, l'établissement d'un flux de S dans le secteur antérieur de la perturbation entraîne corrélativement l'élévation de la température et la chute de l'humidité relative aussi bien à Gijón qu'à Santander. Dans cette dernière station, la température dépasse même 14° et l'humidité descend au-dessous de 50 % en fin de journée alors que le vent S se renforce. Si celui-ci n'a pas les caractéristiques thermiques des coups de foehn étudiés précédemment, il résulte cependant de l'affaîssement d'un air asséché se réchauffant adiabatiquement ; la comparaison avec Reinosa (6°6) indique un taux d'accroissement de température équivalent au taux de l'adiabatique non saturée.

---

(1) Selon l'évolution décrite par REFSDAL, (1930), exposée depuis dans différents précis CHROMOW, (116) p.325, E.T. STRINGER (659) p.460 etc...

Seulement, ce vent chaud et sec n'est cependant pas assez puissant pour provoquer la disparition du front occlus. Ce dernier, en effet, est responsable de la chute de faibles précipitations dans la nuit du 31 : 2 mm à Santander, moins de 1 mm à Gijón et San Sebastián.

Ainsi, avec une ambiance plus froide, ce type de perturbation de SO issue d'une coulée scandinave, contribue également à morceler le domaine océanique.

2°) Dépressions stables au NO de la Galice - Alimentation polaire maritime froid et arctique maritime - Exemple : 9 au 11 février 1951.

Une colonne cyclonique tourbillonnaire se stabilise au-dessus du NO de la Galice, du 9 au 12 février, après une extension vers le sud d'une coulée froide, issue de l'Islande. Cette colonne qui apparaît sous forme de "goutte froide" au niveau 500 mb, entretient dans les basses couches de l'atmosphère deux noyaux de basses pressions : l'un à l'entrée du Golfe de Gascogne, l'autre centré le long des côtes portugaises sur le parallèle 40° N. Cet ensemble dépressionnaire dirige sur la Galice et le Minho des vents variables dominants de secteur SE à SO, vents modérés (10 à 30 km/h), mais surtout froids bien qu'ils viennent de régions plus méridionales.

La coulée polaire a entraîné l'advection brutale de masses d'air de plus en plus froides d'origine arctique. Elles sont séparées par des fronts froids secondaires qui tournent dans le sens inverse des aiguilles d'une montre autour de la colonne cyclonique située au-dessus de La Galice. Ainsi, dans l'après-midi du 9, après avoir longé en direction du S la façade de l'Europe occidentale, ils abordent la Péninsule par le SO (fig.3.16). Sous l'action d'un courant rapide de S en altitude les invasions successives des masses d'air froid et des fronts s'accompagnent d'enchaînements d'états de l'atmosphère très différents d'une région à l'autre.

a) Les journées humides les plus froides de l'hiver 1950-51 dans le Minho et la Galice.

De fait, l'irruption de l'air arctique, après un type de temps doux de perturbation d'ouest provoque une chute brutale de la température : à la Corogne, par exemple, le maximum passe de 16° le 8 à 5° seulement le 9. La baisse est moins accusée dans le Minho : à Porto la chute des maxima n'est que de 5°. Mais partout, c'est le temps le plus froid de l'hiver 1950-1951 qui s'installe et va durer jusqu'au 11 janvier 1951. Sur les régions littorales, le thermomètre reste au-dessous de 10°, mais il n'y gèle pas, bien que le minimum descende à 0,2 à Porto. Le voisinage de l'Océan, et la couverture nuageuse qui arrête le rayonnement nocturne, limitent le refroidissement. En revanche, il gèle plus particulièrement dans l'intérieur à Braga au Portugal, surtout dans les bassins isolés (Lugo, Ginzo de Limia). Des conditions thermiques rigoureuses règnent sur les massifs élevés au-dessus de 1000 m ; à Montalegre, c'est le gel continu pendant la période du 9 au 11 février au cours de laquelle le thermomètre oscille entre - 0,1 et - 7,4. De plus, sur les versants montagneux, la couverture neigeuse favorise le refroidissement nocturne puisque la neige rayonne comme un corps noir dans le spectre de la chaleur obscure<sup>(2)</sup>. Car il continue à neiger abondamment sur les hauteurs du Minho et de la Galice. Après ces fortes chutes de neige de la journée du 9, Montalegre recueille encore 39 mm et Fonsagrada 15 mm de précipitations neigeuses le 10 février. Et s'il ne neige pas sur les régions littorales, celles-ci reçoivent néanmoins de fortes pluies ; durant ces trois jours, la Corogne enregistre 45 mm, Porto 47.

-----

(2) P. PEDELABORDE, (522 ), p. 37.



Ces précipitations intenses sont dues aux passages de fronts qui pivotent au-dessus de la Galice. Mais, l'activité de ces derniers s'explique par la forte instabilité des masses d'air arctique. Car nous savons que pendant leur déplacement vers le sud, elles se sont réchauffées par la base au contact de l'océan plus chaud. D'autre part, le transfert de chaleur "est toujours associé à une évaporation de la surface liquide" dont la quantité est directement proportionnelle à la vitesse des vents, à la différence entre la température superficielle de la mer et celle de l'air froid sous-jacent<sup>(3)</sup>. Les masses d'air arctique sont alors caractérisées par un gradient thermique vertical élevé et une forte humidité. Exceptionnellement, le gradient thermique entre Porto et Montalegre est de l'ordre de 0,90/100 m, c'est-à-dire le taux élevé de la décroissance de l'adiabatique sèche, alors que le pourcentage d'humidité relative reste toujours supérieur à 80. Les radiosondages de Brest du 10 et 11 février 1951 (cf. BQE) nous confirment la structure de ces masses d'air arctique qui envahissent également la Bretagne. Finalement, cet air arctique dégénère et il est remplacé progressivement par de l'air polaire maritime moins froid.

Cependant, malgré quelques rares éclaircies, des averses accompagnées de phénomènes orageux se produisent encore à la suite du développement de cumulus bourgeonnants et de Cb à l'intérieur de cette masse d'air polaire instable<sup>(4)</sup>.

b) Des journées fraîches non pluvieuses dans les régions vascocantabriques.

En revanche, le temps est un peu moins froid et surtout moins humide sur le versant nord des cantabriques. Venu

---

(3) A. GUILCHER, ( 285 ), p. 55 ; G. DADY ( 145 ) p.133.

(4) D'après les observations quotidiennes et horaires détaillées, fournies par les bulletins de la station de l'Institut de Porto.

du S, l'air d'origine arctique dont les basses couches se sont cette fois refroidies lors de son passage sur la Meseta et le versant méridional montagneux, alimente un vent descendant catabatique qui s'engouffre dans les vallées rejoignant le golfe de Gascogne. Aussi, dans certaines stations littorales les minimums thermiques sont-ils aussi bas, sinon plus bas, que ceux des régions côtières de la Galice occidentale : à Gijón 3° le 10, 2° le 11, à Santander 6° pendant ces deux jours... Cependant, au cours de la journée le réchauffement adiabatique permet une remontée plus sensible du thermomètre qui varie autour de 10°.

Le temps reste donc assez frais malgré un ciel plus clair. Car, le mouvement rabattant, sur le versant sous le vent, diminue l'instabilité des masses d'air dont les basses couches restent longtemps froides. Surtout, le flux de S atténue une nouvelle fois les mouvements ascendants le long des fronts froids dont les passages entraînent seulement un accroissement de la nébulosité, les nuages stratiformes peu épais ne fournissant pas de précipitation.

#### - B) TYPES DE TEMPS CYCLONIQUES DE NO, FRAIS ET PLUVIEUX

-----

Les situations synoptiques qui provoquent l'advection d'air froid maritime par le NO se rattachent à deux grands types :

- Le courant perturbé de NO du "Front Polaire Dérivé" et caractérisé par des dépressions qui traversent le Golfe de Gascogne et le Bassin d'Aquitaine en direction du SE vers le Bassin Méditerranéen.

- Les dépressions stabilisées sur l'Europe occidentale au NE de La Galice qui dirigent un flux perturbé de NO frais et humide sur tout le N de la Péninsule Ibérique.

Dans ces conditions, l'état de l'atmosphère rappelle celui créé par les situations de SO précédentes. L'arrivée de l'air froid instable provoque des précipitations abondantes parfois accompagnées d'orages et une baisse sensible des températures. Toutefois, les froids ne sont pas rigoureux dans les régions basses ; la neige apparaît seulement sur les hauteurs supérieures à 800 m.

Cependant, la répartition géographique des précipitations diffère : la Galice septentrionale, au N de la vallée du rio Ulla reçoit cette fois les quantités d'eau les plus importantes et les Rías Bajas abritées des vents de NO sont moins arrosées<sup>(5)</sup>. En général, la Corogne recueille plus de pluie que Vigo et Porto ; les montagnes de la Galice du N plus que celles du Minho. Surtout, par rapport aux types de temps perturbés d'O et de SO les variations géographiques du temps sont inversées. En général avec ces situations synoptiques ce sont les régions vascocantabriques qui connaissent le gros mauvais temps. D'énormes masses nuageuses accumulées au-dessus des massifs montagneux maintiennent un ciel sombre et apportent des précipitations de très fortes intensités, tandis que sur l'Océan se déchaînent des vagues entretenues par des coups de vent de noroît, les galernazos, si redoutés des pêcheurs<sup>(6)</sup>.

1°) Les courants perturbés de NO par le Golfe de Gascogne.

Ce courant est représenté par les dépressions polaires qui suivent la trajectoire dérivée n°V de Van Bebber. Celles-

-----

(5) A. HUETZ DE LEMPS (316 ), p.46.

(6) "Pescador...oficio que cuenta, entre sus riegos mas frecuentes los horrores de la galerna" J.M. de PEREDA, in Sotileza.



ci appartiennent à deux types de situation synoptique : tantôt, elles résultent du détachement d'une goutte froide ou colonne tourbillonnaire froide, lors d'un passage d'une phase de circulation zonale rapide à une phase de circulation plus méridienne, tantôt au contraire elles représentent un simple épisode de la circulation zonale à la suite d'une brutale augmentation d'amplitude de l'ondulation du courant d'O sur la façade de l'Europe occidentale.

a) Les colonnes cycloniques isolées abordant la Péninsule par le NO.

Avec cette situation synoptique les aspects du temps, ses variations géographiques dépendent, en première approximation, de la trajectoire suivie par la colonne.

- Les pluies modérées dans les régions vascocantabriques - exemple : 21-22 janvier 1961.

Une dépression du front polaire, après avoir traversé l'Atlantique N, dévie sa trajectoire face à l'Islande et se dirige vers le SE (fig.3.17)<sup>(7)</sup>. En fait, la dépression représente la base d'une colonne cyclonique froide ( $-30^{\circ}$  à 500 mb) qui se détache du courant zonal, atteint le Golfe de Gascogne le 21 janvier et la côte méditerranéenne le 22.

Le 21 janvier une série de fronts associés à la perturbation traversent le N de la Péninsule Ibérique : un front chaud suivi d'un secteur chaud d'air Pmw, à l'intérieur duquel évolue un front occlus (X1) à la suite du soulèvement d'un coin d'air Tm, et un front froid qui atteint seulement la Galice dans

-----  
(7) A. LINES ESCARDO ( 390 ), n° 81 p.82.

le courant de l'après-midi. Les températures maximales restent modérées pour la saison :  $12^{\circ}$ ,  $13^{\circ}$  sur toutes les régions littorales du Minho au Pays Basque,  $5-6^{\circ}$  sur les versants montagneux situés entre 800 et 1000 m (Montalegre). En revanche, la nébulosité et les précipitations varient d'une région à l'autre. A l'O, le ciel se couvre de plus en plus ; le matin l'insolation est faible, 1 à 2 heures, puis la couche de stratocumulus qui accompagne les deux premiers fronts fait place dans l'après-midi à une formation nuageuse basse de stratonimbus, liée au front froid. C'est avec l'arrivée de ce dernier que les précipitations deviennent plus abondantes et fournissent l'essentiel des quantités d'eau recueillies à La Corogne (8 mm) à Santiago (11 mm) , à Porto, le pluviomètre enregistre vers 16 h un maximum horaire de plus de 3 mm sur 12 mm de précipitations quotidiennes, au moment du passage du front froid. Dans les régions vascocantabriques, la journée reste ensoleillée, et c'est seulement dans la soirée que le système nuageux associé au front froid s'étend sur les Asturies où il commence à pleuvoir.

Toutefois, le mauvais temps se généralise dans la nuit et la journée du 22, après le passage du front froid et l'irruption d'une masse d'air maritime froid très instable. Il continue à pleuvoir abondamment dans la Galice septentrionale où la Corogne reçoit 23 mm, Santiago 31 mm et Vigo 5 seulement, tandis qu'il neige sur les massifs montagneux de la Galice et des Cantabriques occidentales. Cependant dans les Asturies et le Pays Basque, les précipitations sont relativement plus modérées Gijón 12 mm, Santander 4 mm, San Sebastián-Igueldo 13 mm et Sotres 4 mm, à 1000 m d'altitude dans les Picos de Europa.

Cette variation pluviométrique résulte de la structure et de l'évolution de la colonne froide qui se déplace avec

un axe incliné vers l'O. Aussi, les courants les plus rapides et les contrastes thermiques les plus violents se situent-ils à l'arrière, sur la bordure occidentale de la colonne cyclonique, comme le suggère le resserrement des isohypses de la surface isobarique 500 mb. Or, ce secteur de la colonne froide où se produit cet accroissement du tourbillon relatif, de la "vorticity", passe au-dessus de la Galice dans la nuit et la matinée du 22 janvier. Ces conditions dynamiques qui renforcent l'instabilité de l'air froid postérieur<sup>(8)</sup> expliquent certainement le fait que les précipitations dans le Minho et la Galice se produisent bien après le passage du front froid (fig.3.17) ; à Porto l'essentiel des 13 mm est dû à des averses concentrées dont l'apport horaire maximum, 8 mm, est enregistré entre 12 et 13 h alors que le front froid commence à atteindre l'Espagne méditerranéenne. En revanche, dans les Asturies et le Golfe de Gascogne, les précipitations recueillies principalement entre 18 h et 6 h sont liées au front froid. Mais l'activité de celui-ci est plus faible et l'air froid postérieur est moins instable parce qu'ils évoluent sous une circulation d'altitude différente dans le secteur oriental de la colonne : courant de S SE, diminution du tourbillon relatif indiqué par l'augmentation vers les niveaux supérieurs de l'écartement des isohypses.

C'est dans l'après-midi du 22, après l'éloignement du centre de la colonne vers la Méditerranée, que les conditions atmosphériques s'égalisent. L'installation de l'air froid expulsé, et surtout le début de l'advection de l'ondulation anticyclonique du courant d'O d'altitude entretiennent un temps de traîne caractérisé par un ciel plus dégagé, mais aussi plus

---

(8) Les radiosondages ont été interrompus à La Corogne à cette époque, mais l'analyse de ceux effectués à Lisbonne et à Madrid confirment le caractère instable de cette masse d'air froid maritime dans les basses couches duquel le taux de décroissance thermique verticale se rapproche de celui de l'adiabatique sèche.



favorable au rayonnement nocturne. Dans toutes les régions océaniques, ce type de temps se termine par une baisse sensible des minimums thermiques ( $2^{\circ}$  à  $4^{\circ}$  dans les régions littorales) à l'aube du 23, alors que commencent à apparaître les nuages (As, Sc) du front chaud d'une nouvelle perturbation de NO.

- Les précipitations diluviennes sur les Cantabriques  
exemple du 10-12 décembre 1959.

Depuis le 9 décembre 1959, une colonne froide se détache du courant zonal et se déplace lentement du Golfe de Gascogne au Bassin d'Aquitaine. Au sol, sa présence se traduit par le creusement d'une dépression qui stagne dans le fond du Golfe de Gascogne jusque dans la nuit du 12 décembre. La première analyse de l'évolution de la situation atmosphérique au niveau du sol semble montrer que le temps perturbé de NO du 10 décembre au soir au 12 décembre au matin, est lié à la déviation d'une perturbation d'O originaire du Canada. Celle-ci, en effet, après avoir suivi le parallèle  $55^{\circ}$ , bifurque vers le SE à partir du méridien  $30^{\circ}$ O. Cette déviation est certainement provoquée par le "guidage" imposé par le fort courant NO du secteur occidental de la colonne cyclonique froide qui se déplace lentement vers l'E (fig 3.17).

En réalité, c'est une perturbation très évoluée qui aborde la Galice et le Portugal dans la nuit du 10 au 11. De fait, un front occlus à caractère de front froid pénètre sur la Péninsule Ibérique et la traverse pendant la journée du 11. Apparemment, son passage s'accompagne du redoublement du mauvais temps pluvieux qui n'avait guère connu d'accalmie, avec l'expulsion froide à l'arrière de la précédente perturbation de NO du 9 décembre. Ainsi dans toutes les régions océaniques,

le temps est frais avec des températures maximales inférieures aux normales, du mois de décembre : 11 à 12° pour les régions littorales. Le ciel est sombre, couvert de masses nuageuses denses (Sc - Cb) qui entretiennent de fortes précipitations durant la journée du 11 et le début de la nuit du 12.

Mais le fait remarquable réside dans la répartition géographique des totaux pluviométriques enregistrés, en 24 heures lors de l'évolution de cette situation. Si les précipitations restent modérées dans les régions littorales de la Galice et du Minho (7 à 8 mm à La Corogne - Vigo 11 à Porto) elles augmentent dans les régions intérieures où des stations comme Santiago Labacolla reçoivent 31 mm par exemple. Surtout d'énormes chutes d'eau et de neige s'abattent sur les massifs cristallins de la Galice septentrionale, sur les montagnes moyennes de la bordure littorale des Asturies Occidentales et sur les hauts massifs à l'E des Cantabriques. Au N de la province de Lugo, au pied du massif granitique de la Sierra de Tojiza, la station de Mondoñedo enregistre déjà 106 mm alors qu'elle est située à 139 m d'altitude seulement. Il n'est donc pas étonnant que les totaux pluviométriques atteignent des records exceptionnels sur les massifs les plus élevés des Cantabriques (fig 3.18).

- L'origine des précipitations diluviennes sur les Asturies.

En fait, l'analyse de l'évolution de la situation atmosphérique au niveau du sol n'apporte pas une solution satisfaisante au problème posé par cette extraordinaire concentration des pluies sur les Asturies. En Galice et dans le Minho,

les plus fortes précipitations sont bien liées au passage du front froid puisque l'apport pluviométrique horaire le plus élevé est atteint à Porto le 11 vers 2 h du matin. Il n'en n'est pas de même dans les régions les plus arrosées où les plus forts abats continuent à se produire longtemps après le passage du front (fig 3.17) qui a déjà atteint les régions méditerranéennes au milieu de la journée du 11.

Incontestablement, l'air polaire froid qui fait irruption est un air convectivement instable, comme le confirme l'étude du radiosondage de la Corogne du 11 déc. 12 h ; en simulant un soulèvement en bloc de 1500 m, on obtient la nouvelle courbe d'état d'une atmosphère entièrement saturée à l'intérieur de laquelle la décroissance thermique verticale a un taux égal à celle de l'adiabatique sèche (fig. 3.21).

Mais il faut également tenir compte de la convergence dynamique du fort accroissement exceptionnel du tourbillon relatif dans le secteur occidental de la colonne froide. Juste au-dessus du NE de la Galice et des Asturies, apparaît une brusque diminution latérale de la vitesse du vent cyclonique qui se concrétise sur la carte contour 500 mb par un doublement de l'écartement des isohypses dans les niveaux inférieurs (fig 3.17). Cette zone de cisaillement cyclonique exceptionnelle dans un flux de composante N<sup>(9)</sup> ne peut qu'accentuer la convergence qui se traduit à l'arrière de la colonne cyclonique, par des avancées d'air chaud en direction des Cantabriques (cf. isothermes à 500 mb le 11 déc. à 12 h). Et l'on peut émettre l'hypothèse que les fortes pluies des Asturies seraient dues au retour par le N et le NO de l'air chaud méditerranéen alimentant par son brutal refroidissement une perturbation non signalée sur la carte synoptique, mais l'on aperçoit mieux

---

(9) J. LEPAS & G. ROCHE, 1965, op. cit. 12-15 tome II.



sur les photos de satellites lors de situations similaires<sup>(10)</sup>.

D'ailleurs le lendemain 12, les conditions dynamiques varient rapidement. La convergence disparaît avec le déplacement vers l'Est de la face orientale de l'ondulation anticyclonique du courant d'O d'altitude. L'air froid postérieur s'affaisse, la pression augmente, et un temps de traîne s'installe avec des aspects variables suivant les régions. Si le ciel reste clair dans le Minho et la Galice il reste couvert sur les hauteurs des Cantabriques et le Pays Basque où des averses se produisent par suite du maintien de l'instabilité des basses couches de l'air froid.

En somme un type de temps qui est fort proche de celui lié à la dépression plus stable sur la Golfe de Gascogne.

b) Courant perturbé d'ONO en circulation zonale rapide. Les pluies abondantes sur les hauteurs de la Galice septentrionale au Pays Basque avec irruption d'une masse d'air arctique instable. Ex : 12-13 janvier 1952.

La carte (fig3.19) de la répartition des précipitations du 12 et 13 janvier 1952, recueillies en fait en 24 heures, montre bien l'action pluviométrique d'une perturbation de NO traversant le Golfe de Gascogne. Ainsi, elle nous confirme l'importance des pluies apportées par le front froid d'une dépression évoluant le long de la trajectoire V.

La localisation géographique des fortes précipitations est remarquable. D'épaisses lames d'eau supérieures à 50 mm sont mesurées sur la barrière montagneuse qui s'étend de la Galice

---

(10) cf. *supra* p. 547 et photos 2-40.

septentrionale au Pays Basque. Mais, les précipitations les plus abondantes sont enregistrées sur les hauteurs qui séparent le bassin supérieur du Minho du versant atlantique de la Galice septentrionale. Les mesures pluviométriques effectuées dans quelques rares stations, pourtant peu élevées comme celles de Puentes de García Rodríguez (450 m) et de Capela (160 m), dans le bassin-versant de l'Eume, permettent d'interpréter à plus de 90 mm, voire à plus d'un mètre, les quantités d'eau reçues par les massifs aux "formes usées lourdes et trapues"<sup>(11)</sup> des Sierras de la Loba et de la Carba, dont quelques sommets atteignent 1000 m. Tandis que vers l'Est, si l'intensité des pluies reste élevée sur les versants septentrionaux de l'arc montagneux Vascocantabrique (S. des Ancares, Picos de Europa etc...) et des Montes de León (S. de Teleno et S. Segundera), les abats pluviométriques semblent y être inférieurs à ceux enregistrés sur les Sierras du NE de la Galice.

Surtout à altitude égale, les précipitations diminuent rapidement vers le Sud de la Galice ; l'apport pluviométrique pendant la même période est compris entre 40 et 50 mm sur les versants les plus élevés des sierras del Faro et de Queija, il ne dépasse guère 30 mm dans les massifs septentrionaux du Minho, et est de l'ordre de 20 mm sur les Serras centrales du Portugal. Cette diminution des pluies vers le S apparaît également le long des régions littorales. Alors que, sur les côtes septentrionales de la Galice les totaux pluviométriques varient entre 20 et 30 mm, ceux-ci tombent rapidement au-dessous de 10 mm sur la bordure océanique du Minho.

Ces précipitations abondantes sur le NE de la Galice s'expliquent par le passage du front froid d'une perturbation de NO à travers le Golfe de Gascogne qui succède, dans la nuit du 11 au 12, à un anticyclone des Açores alimenté par de l'air

-----

(11) H. NONN (485 ), p.78.

maritime chaud (Tmc) très instable<sup>(12)</sup>. Cette perturbation s'était formée sur une ondulation du front polaire dans l'Atlantique Nord sous un courant jet d'ouest. A l'approche de l'Europe, l'ondulation du courant zonal rapide s'accroît et une vallée froide à 500 mb se creuse en direction de la Méditerranée, entraînant la perturbation vers les Baléares qu'elle atteint dans la soirée du 12 janvier. Entre-temps, le front froid avec un corps nuageux constitué de Ns épais a traversé en diagonale la Péninsule Ibérique, pendant la journée du 12 janvier. Il n'est pas possible d'établir avec précision la valeur des précipitations qui sont imputables directement au front froid de la perturbation. Mais, l'étude de la répartition horaire des pluies à La Corogne semble indiquer que après les deux tiers des précipitations apportées pendant les deux jours par ce type de temps perturbé ont été recueillis durant la nuit et la matinée du 12, c'est-à-dire durant l'évolution du front froid. C'est que cette surface de discontinuité est très active, puisqu'elle est le lieu d'un soulèvement d'ensemble d'une masse d'air tropical maritime instable par l'advection rapide d'une masse d'air d'origine arctique également instable.

L'analyse des radiosondages du navire météo français au point K, nous donne une idée de la structure du front froid pendant la nuit du 12 janvier. Dans les basses couches règne un air froid humide dont le taux de décroissance de la température avec l'altitude est supérieur au taux de la pseudoadiabatique définissant l'instabilité convective sélective. Au-dessus vers 2000 m, la discontinuité avec l'air chaud est caractérisée par la présence d'une couche peu épaisse plus chaude, expliquant la faible inversion de température qui apparaît sur la

-----

(12) cf. suprap. 379.



courbe d'état et qui est due à l'assèchement d'une masse d'air en mélange<sup>(13)</sup>.

Or, cette présence de la couche sèche au-dessus d'un air sous-jacent quasi saturé favorise une évolution vers une forte instabilité potentielle pendant le soulèvement en bloc de l'atmosphère au-dessus des massifs élevés. On conçoit dès lors qu'il pleuve abondamment sur les versants des montagnes du NE de la Galice, d'autant plus que ceux-ci ont une orientation perpendiculaire à la direction prise par le front froid qui a dû être bloqué et déformé selon les conditions définies par A. Viaut et étudiées précédemment<sup>(14)</sup>.

Dans une faible proportion, les nuages d'instabilité de l'air froid arctique alimentent des averses qui se prolongent dans la soirée du 12, longtemps après le passage du front froid, aussi bien sur les hauteurs que dans les régions basses littorales.

Mais bientôt l'affaissement de cet air arctique, l'advection rapide en altitude de l'ondulation anticyclonique, provoquent le dégagement du ciel et une baisse sensible des températures minimales dans la nuit du 13. Alors que la présence de l'air maritime chaud maintenait, le 12, les températures minimales au-dessus de 10° tout le long du littoral, les températures tombent à 6° et 5° le long des côtes galiciennes et cantabriques. A Porto, le froid se fait encore plus sentir puisque le thermomètre descend à 2°5, car la diminution de la nébulosité vers le sud accroît la perte de chaleur par rayonnement. Mais, c'est toujours dans l'intérieur que le froid est le plus rigoureux : à Lugo où la température oscille entre 2° et 7° et à Montalegre où elle varie entre - 2°5 et 4°1 le 13 janvier.

---

(13) Type d'inversion de température qui n'est pas dû à une subsidence, S. PETERSSEN (5381D), p. 56.

(14) cf. supra fig. 253.

2°) Les dépressions stabilisées au N. de la Péninsule.

L'arrivée de l'air froid humide par le Nord-Ouest et la baisse de température qui en découle peut être également réalisée par des situations dépressionnaires plus stables. En particulier, lorsque des dépressions correspondant à des colonnes froides isolées (cutoff low), se stabilisent sur la façade occidentale de l'Europe, soit sur le Golfe de Gascogne, soit à l'Ouest des Iles Britanniques. Le N de la Péninsule situé dans le secteur SO de ce type de dépression reçoit des vents qui tournent de l'O-SO au NO. Apparemment, l'expulsion de l'air froid y semble moins brutale, mais en réalité ces dépressions à déplacement lent entretiennent un temps aussi instable avec des caractères thermiques et pluviométriques similaires.

a) Dépression stable sur le Golfe de Gascogne

Ex. 24-26 février 1955. Fortes précipitations de traîne instable et le retard du mauvais temps dans les régions vascocantabriques.

Pendant ces trois jours, une dépression stagne entre la Galice et la Bretagne, elle représente en fait la base d'une colonne tourbillonnaire cyclonique détachée d'une coulée froide polaire issue de la Scandinavie (fig 3.19b). Cette colonne décrit lentement un arc de cercle dans le sens inverse des aiguilles d'une montre, de l'Irlande à la Bretagne, en passant au voisinage de la Galice le 24. Au début de cette évolution, la colonne cyclonique froide dirige un courant perturbé de SO sur le N de la Péninsule Ibérique. Aussi le 23, le temps commandé par le déplacement du SO au NE d'un front froid rappelle par de nombreux

aspects le temps de SO lié à une dépression passant lentement au NO de la Galice.

Mais à partir du 24, le lent déplacement vers l'E NE de la dépression qui se stabilise au S de la Bretagne entraîne l'établissement d'un flux de NO (fig.3.19b). En Galice et dans le Minho, l'air froid qui fait irruption avec les vents de NO provoque une baisse généralisée des températures ; à la Corogne les maximums passent de 12° le 23 à 9° le 25, tandis que la baisse est plus accusée à Porto où les températures maximales descendent à 7°.

Cette fois, ce n'est pas un simple temps de traîne à l'arrière d'une dépression se déplaçant vers l'est, un simple épisode dans l'évolution d'une perturbation, c'est bien en réalité, un type de temps original, nettement défini, caractérisé par une circulation de NO dans toute l'épaisseur de l'atmosphère. Brusquement les données pluviométriques sont complètement inversées. Après les pluies du 23 qui se sont abattues sur le Minho et les Rías Bajas, les précipitations deviennent beaucoup plus importantes dans le N de la Galice : du 23 18 h au 24 18 h la Corogne reçoit trois fois plus d'eau (32 mm) que Santiago ou Vigo (9 mm). Les fortes averses provoquées par des cumulonimbus sur la Galice septentrionale traduisent la forte instabilité de la masse d'air froid, en particulier, lorsque la partie supérieure de l'axe de la colonne tourbillonnaire passe au-dessus du NO de la Galice, comme le suggère l'évolution de la goutte froide au niveau 500 mb.

En utilisant les radiosondages , effectués au point K qui reste continuellement sous l'action de l'air froid, il est possible, par analogie, de retracer les conditions qui ont entraîné l'accroissement de l'instabilité



de la masse d'air. Déjà le 23, alors que l'axe de la colonne cyclonique est encore éloigné du navire météo français, la masse d'air présente une structure verticale caractérisée par une instabilité convective sélective, mais le 24, à la suite du rapprochement du centre de la colonne, un refroidissement apparaît entre les niveaux 800 et 750 mb créant dès lors les conditions d'instabilité absolue. Or, l'on sait qu'une atmosphère définit par une telle instabilité est insensible à l'action de tout soulèvement en bloc. Dès lors, l'on comprend pourquoi, cette fois, les précipitations sont aussi fortes sur les régions basses littorales que sur les régions intérieures plus élevées du NE de la Galice. Ainsi, la plus forte intensité/jour, enregistrée au cours de ce type de temps, à Puente de García Rodriguez (36 mm) est inférieure à celle de Naron (42 mm). Bien plus, la station de montagne de Fonsagrada reçoit seulement 8 mm le 24, sous forme de précipitations neigeuses. Ce temps instable de NO se prolonge jusqu'au 26 au soir. Les températures restent inférieures aux normales, et les averses les plus intenses sont toujours enregistrées dans le N de la Galice.

Mais par ailleurs, le mauvais temps frais de NO s'est généralisé à tout le nord de la Péninsule. Il a gagné les Asturies et le Pays Basque à la fin de la journée du 24. Au cours du 25 et 26 de fortes précipitations sont plus particulièrement enregistrées dans la région de Santander : 14 mm le 25, 24 mm le 26. Cependant là encore, les régions montagneuses sont moins arrosées que les régions littorales : Sotres à 1000 m dans les Picos de Europe reçoit au maximum 12 mm le 26, et il neige faiblement sur les plus hauts sommets des Cantabriques.

Ainsi, on retrouve le contraste pluviométrique entre d'une part le Minho et les Rías Bajas faiblement arrosées et d'autre part, la Galice du N et les régions vascocantabriques où le flux de NO instable est responsable de fortes précipitations.

b) Dépression stable sur les Iles Britanniques et Mer du Nord. Type de temps O NO froid arctique - 1 et 3 janvier 1951.

Un type de temps froid très pluvieux se produit parfois avec le déplacement lent sur les Iles Britanniques et la Mer du Nord d'une dépression arctique. Elle s'étend sur toute l'Europe Occidentale du Sud de l'Espagne à l'Islande et provoque une expulsion de masses d'air le plus en plus froides sur cette façade atlantique.

Ainsi, entre le 1er janvier 1951 et le 3 au matin, une situation dynamique analogue provoque le déplacement d'un noyau de baisse de la Galice au centre de l'Espagne et s'accompagne d'une succession de masses d'air maritime d'origine arctique sur la Galice et le Minho. Ces masses d'air de plus en plus froides, séparées par des fronts froids secondaires, contournent la dépression dans le sens inverse des aiguilles d'une montre. Elles débouchent sur les régions atlantiques ibériques, par l'O NO et le NO après avoir effectué un long parcours sur l'Océan Atlantique dont la surface est relativement plus chaude. D'après le BQE, les différences de températures entre l'air et l'Océan s'établissent aux environs de 3 à 4° en faveur de l'Océan ; le 1er janvier à 6 h du matin, une observation du navire au NO du point K, enregistre 10° pour l'air et 14° pour l'eau.

L'air arctique qui a subi un réchauffement par la base, est ainsi responsable d'un froid peu accusé et de températures à peine inférieures à la moyenne. Pendant le jour le moins chaud de ce type de temps, le 2 janvier, le thermomètre oscille entre 7 et 10° à La Corogne, 2 et 6° dans la région de Lugo, 6 et 8° à Gijón.

En revanche, ce réchauffement tend à augmenter le gradient thermique vertical et par suite à rendre instable la masse d'air, comme l'a montré l'étude des transformations subies par l'air arctique. L'instabilité se développe d'autant plus que le gradient thermique qui existe entre la surface de l'océan et l'atmosphère favorise l'évaporation. La forte instabilité convective sélective dont l'importance est soulignée par les radiosondages effectués au point K ou à Bordeaux (fig 3.20) se traduit par des formations nuageuses basses de nimbostratus le long des fronts, et par des nuages à développement vertical, cumulus congestus et cumulonimbus, à l'intérieur des masses d'air arctique.

Il pleut donc fortement au cours de ces trois jours sur l'ensemble du domaine océanique, avec toutefois des intensités plus fortes lors des passages des fronts froids actifs. Ainsi pendant la journée du 2 janvier entre 6 et 18 h, à l'approche et au passage d'un front froid qui sépare les deux masses d'air arctique, les abats pluviométriques sont remarquables : 15 mm à Porto, 49 à Vigo, 18 à La Corogne, 20 à Gijón, 23 à Santander. Mais les averses continuent à se produire bien après les passages des fronts, principalement sur la façade septentrionale des Cantabriques. Ainsi dans la journée du 3, entre 6 et 18 h, alors que le front arctique atteint l'Afrique du Nord et qu'une dorsale barométrique se dessine sur la Galice, un temps très instable, avec des averses dues à des Cb, s'installe sur les Asturies et le Pays Basque.



Il aurait fallu de nombreuses mesures enregistrées pour pouvoir analyser avec finesse le rôle respectif des fronts et de l'instabilité des masses d'air en ce qui concerne la répartition des pluies. Toutefois, deux faits essentiels nous intéressent particulièrement sur le plan géographique. C'est d'abord les abondantes chutes de neige qui se produisent sur tous les massifs montagneux du Minho au Pays Basque : 56 mm à Montalegre sur la retombée N de la Serra do Gerez, 41 mm à Fonsagrada sur les hautes plates-formes des Cantabriques occidentales, 46 mm à Sotres dans les Picos de Europa, et la même quantité dans les montagnes basques, selon la station d'Articuza.

En outre, toutes conditions topographiques égales par ailleurs, ce sont les hauteurs de la chaîne cantabrique et les massifs élevés de la Galice septentrionale qui reçoivent les précipitations les plus abondantes. Plus particulièrement, les bassins-versants du NE de la Galice sont de beaucoup les plus arrosés et les cours d'eau Eo, Minho Supérieur y enregistrent de brusques montées de débits alors que des fleuves comme le rio Tambre, issu des massifs centraux de la Galice (Coba de la Serpe, Monte del Bocelo) sont beaucoup moins influencés par l'action pluviométrique de ce type de temps (fig.3.20).

### 3°) Conclusion - L'inversion des contrastes régionaux avec les types de temps frais de NO.

C'est donc une très grande variété de situations synoptiques qui sont à l'origine d'ambiances fraîches et pluvieuses. Toutefois, les types de temps frais et pluvieux liés aux perturbations de NO sont plus fréquents que ceux engendrés

par des régimes perturbés de SO évoluant sur la façade orientale des coulées polaires scandinaves. Par exemple en Galice, durant le bimestre hivernal janvier-février, la fréquence relative des jours pendant lesquels se produisent les types de temps frais de NO atteint 4,5 % alors que la fréquence des types de temps frais de SO ne dépasse pas 2,5 %.

Mais surtout, les types de temps frais de NO entretiennent de fortes variations régionales pluviométriques dont le sens est exactement l'opposé à celui des variations régionales apparues lors des types de temps d'O et de SO. Avec les situations perturbées de NO, ce sont les régions vasco-cantabriques qui sont les plus arrosées, toutes conditions topographiques égales par ailleurs. Une étude des fréquences des intensités pluviométriques journalières, montre bien que ces régions enregistrent plus fréquemment des précipitations journalières de forte intensité lors du passage des perturbations de NO.

| FREQUENCES RELATIVES DES INTENSITES PLUVIOMETRIQUES<br>JOURNALIERES EN REGIMES PERTURBES DE NO. |    |    |    |    |    |    |     |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|----|----|----|----|----|----|-----|--|
|                                                                                                 | 0  | 3  | 6  | 12 | 24 | 50 | 100 |  |
| SAN SEBASTIÁN - IGUELDO                                                                         | 12 | 9  | 33 | 35 | 9  | 1  | 1   |  |
| SANTANDER                                                                                       | 22 | 11 | 31 | 22 | 14 |    |     |  |
| LA COROGNE                                                                                      | 25 | 22 | 30 | 12 | 10 | 1  |     |  |
| VIGO                                                                                            | 26 | 22 | 20 | 21 | 11 |    |     |  |
| PORTO                                                                                           | 29 | 27 | 28 | 12 | 14 |    |     |  |

Si les Rías Bajas semblent être moins régulièrement abritées comme semblait le suggérer l'analyse de quelques cas particuliers<sup>(15)</sup>, la probabilité de recueillir une précipitation supérieure à 6 mm en 24 h diminue du Pays Basque à la Galice et de la Galice au Minho ; au cours de l'évolution journalière d'un type de temps perturbé de NO.

Cette fois encore, la classification des types de temps frais repose sur l'orientation des courants en altitude, sur la direction suivie par les masses d'air dans la moyenne troposphère ; tous ces facteurs expliquent les différenciations pluviométriques. Ainsi, un véritable volant pluviométrique s'établit entre le Minho et le Pays Basque lorsqu'une puissante coulée polaire, issue du bassin arctique entre le Groenland et la Scandinavie, s'étend progressivement vers le S, le long de la façade atlantique de l'Europe. L'advection vers le S de l'air très froid alors que la vallée planétaire de grande amplitude se déplace lentement vers l'E est la cause de l'établissement d'un courant cyclonique de NO, de l'Atlantique N à la Méditerranée Occidentale. L'enchaînement des états de l'atmosphère n'est pas directement lié au déplacement lent NO-SE de la dépression, mais plutôt à la direction suivie par les fronts et les masses d'air qui change brutalement d'un versant de la vallée froide à un autre.

Ainsi, le brusque changement de localisation du type de temps frais très pluvieux du 10 au 14 décembre 1957 illustre bien l'action discriminante des courants d'altitude en circulation méridienne. Du 10 au 12 décembre au matin, la dépression se

---

(15) Les versants S élevés de ces Rías, comme celui de la Ría de Vigo, obligent les masses d'air venues de l'O-NO ou du NO à s'élever provoquant une augmentation de l'instabilité.



déplace lentement vers le SE, de l'O de l'Irlande au N de la Galice tandis que toute la Péninsule Ibérique reste située sous le versant oriental de la vallée planétaire (fig. 3-22). Là domine un flux généralisé de SO qui tout en entraînant fronts et masses d'air instables vers le NE, subit l'effet de d déflexion sur la gauche lors de son passage sur les massifs élevés. Tous ces facteurs, soulèvement et déviation latérale des masses d'air accentuent les phénomènes d'ascendance et de convergence qui alimentent les abats pluviométriques élevés sur le Minho, la Galice et la retombée méridionale des Cantabriques où règne un temps frais très pluvieux de SO (fig. 3.22). En revanche sur les régions vascocantabriques le temps est moins froid et beaucoup moins pluvieux.

Mais, à partir du 13 décembre 1957, les oppositions régionales changent de sens lorsque le centre de la dépression atteint le fond du Golfe de Gascogne et que la Péninsule Ibérique est désormais sous l'influence du flux de N-NO de la façade occidentale de la vallée polaire (fig. 3.24). Dans le secteur postérieur de la dépression qui se dirige vers le seuil du Lauragais, l'air polaire maritime instable en se soulevant au-dessus des Cantabriques entretient des précipitations abondantes. Dès lors, c'est autour des régions littorales vascocantabriques de connaître un temps frais très pluvieux identique à celui enregistré deux jours auparavant sur la façade occidentale atlantique dans des conditions dynamiques totalement différentes (fig. 3.23).

Evidemment, les caractères du type de temps perturbé de NO qui opposent les régions vascocantabriques à la Galice et au Minho, s'affirment avec les types de temps perturbés froids plus régulièrement liés à des manifestations de la circulation méridienne lente.

## Ic - LES TYPES DE TEMPS CYCLONIQUES FROIDS ET PLUVIEUX

---

Les types de temps humides les plus rigoureux de l'hiver sont liés à des systèmes perturbés qui provoquent l'advection de l'air polaire maritime très froid et plus fréquemment l'expulsion directe d'air arctique. Ces perturbations sont donc très souvent des manifestations du front arctique, accompagnées de chutes de neige qui peuvent même se produire dans les régions basses littorales.

Tantôt, ces perturbations froides suivent des trajectoires méridiennes NS (voie III de Van Bebber) et balaient directement les régions atlantiques ibériques en se déplaçant des Iles Britanniques, de la Mer du Nord à la Péninsule Ibérique ou au Bassin Occidental de la Méditerranée. Tantôt, le mauvais temps perturbé débouche sur ces régions atlantiques par le NF. Ce mauvais temps est alors alimenté soit par de rares perturbations qui viennent directement du NE, soit par des dépressions ibériques ou méditerranéennes qui dirigent sur le N de la Péninsule Ibérique des vents d'E à NE, créant ainsi des "retours d'est" définis<sup>(1)</sup> et étudiés dans d'autres régions de l'Europe méditerranéenne.

Toutefois durant leur déplacement au-dessus du golfe de Gascogne, les masses d'air froid subissent des transformations thermodynamiques. Au contact de la surface plus tiède de l'océan, les basses couches de ces masses d'air se réchauffent, s'humidifient et deviennent très instables. Aussi ces perturbations, provoquent-elles d'abord des précipitations moins indigentes que dans des régions continentales pourtant plus proches du courant perturbé, et ensuite des baisses de températures plus atténuées<sup>(2)</sup>.

---

(1) A. ORIEUX - ( 493 ) p.23. A. BASSET-TERUSSE ( 22 ) p.47  
E. BONTROND ( 79 )

(2) A. HUETZ DE LEMPS, ( 315 ) p.46.

Mais, l'intérêt géographique majeur de ces types de temps réside dans le fait qu'ils accentuent les contrastes entre les régions océaniques, provoqués par les types de temps perturbés de NO. Les perturbations de N et de NE entretiennent des états de l'atmosphère plus froids et plus humides dans les régions vascocantabriques, d'autant plus que la Galice et le Minho sont souvent placés à la limite d'un anticyclone atlantique sous le vent duquel ondule le front arctique.

- A) LES TYPES DE TEMPS FROIDS PERTURBES DE N.

-----

P. Pedelaborde a bien montré l'individualité géophysique des types de temps cycloniques de N, par rapport au type de temps de NO<sup>(3)</sup>. Dans les régions atlantiques de la Péninsule Ibérique, les types de temps perturbés de N sont principalement responsables du renforcement de l'opposition entre les régions vascocantabriques d'une part, la Galice et le Minho d'autre part. Dans les régions espagnoles de la bordure du Golfe de Gascogne, le ciel reste très couvert, avec de gros nuages d'instabilité qui alimentent de fortes pluies ou d'abondantes chutes de neige sur les hauteurs. Tandis que les régions de la façade O atlantique connaissent un temps froid ensoleillé avec des éclaircies entrecoupées d'averses, souvent neigeuses sur les massifs montagneux, mais fournissant toujours de faibles quantités d'eau.

Ces contrastes régionaux sont effectivement plus accentués lorsque le courant de N évolue en bordure de l'anticyclone atlantique.

-----

(3) P. PEDELABORDE ( 512 ) p.187.



1°) Le courant perturbé N sur la bordure de l'anticyclone atlantique.

Ce type de temps apparaît lorsqu'une ondulation du courant zonale augmente d'amplitude sur la façade atlantique de l'Europe. Un anticyclone étiré en latitude se stabilise sur le fuseau méridien de l'Islande, tandis qu'une série d'ondulations du front arctique ou de fronts froids isolés se déplacent rapidement sous le versant occidental de la vallée froide.

Ce sont les conditions présentées par la situation du 31 décembre 1952 au 2 janvier 1953<sup>(4)</sup> dont nous avons déjà montré l'influence sur les contrastes pluviométriques entre les versants S et N de la chaîne Cantabrique.

Quelle que soit l'origine dynamique de la perturbation, ce sont les régions vascocantabriques qui connaissent un temps froid et très pluvieux.

a) Les ondulations du front arctique sur le versant occidental d'une coulée polaire de la Scandinavie à la Méditerranée - 6-8 décembre 1969.

Pendant la première décade du mois de décembre 1969, une circulation méridienne lente est responsable de la permanence d'un courant perturbé de N sur l'Europe Occidentale. La succession des perturbations entraîne dans les régions vascocantabriques un enchaînement de types de temps froids et très pluvieux ; du 1 au 9 décembre, Igueldo reçoit 126 mm, soit quatre fois plus que la Corogne (31 mm) et onze fois plus que Vigo (11 mm) !.

---

(4) cf. Supra p. 536, fig. 263.

Une ample vallée froide, de la Scandinavie au Bassin Occidental de la Méditerranée dirige sur la Péninsule Ibérique des masses d'air froid d'origine arctique ( $\theta'w = 5$  à  $6^\circ$ ). En revanche sur l'Atlantique N une vaste crête d'air chaud entretient un anticyclone dynamique stable qui est alimenté par de l'air maritime chaud. Le front à la limite de ces deux types de masse d'air ondule sous le courant rapide N d'altitude qui souffle continuellement sur le versant occidental de la vallée planétaire. D'une façon régulière, les pointes de ces ondulations frontales accompagnées de noyaux de baisse barométrique passent par le Golfe de Gascogne et le Pays Basque, tandis que la Galice et le Minho à peine effleurés par les fronts restent en bordure de l'anticyclone.

Dès lors, les aspects du temps varient totalement du Pays Basque au Minho, et les deux perturbations qui se succèdent le 6 et 8 décembre illustrent avec plus de précision cette opposition géographique. Ainsi, l'analyse des variations des éléments atmosphériques au cours de ces journées (fig.3.26 ) fait ressortir cette forte diversité à l'intérieur même du domaine océanique : à l'E dans les régions vascocantabriques, une succession de temps froids et pluvieux, à l'O de la Galice et au Minho, un ciel de moins en moins nuageux et des températures plus clémentes.

Ces deux dernières régions sont à peine touchées par les extrémités occidentales peu actives de ces perturbations de N. Seuls les fronts chauds et les masses d'air polaire maritime du secteur chaud alimentent quelques averses dans les régions basses côtières. Les courtes ondées finissent même par disparaître et le ciel s'éclaircit après le passage du front froid, surtout dans les Rías Bajas et le Minho littoral. Sur la bordure anticyclonique, l'air froid expulsé s'affaisse,

d'autant plus qu'il est surmonté par la bordure orientale de la crête anticyclonique qui s'avance à nouveau vers l'E dans la moyenne troposphère. De fait, les radiosondages de la Corogne mettent bien en évidence : d'abord le 6 décembre, les conditions d'instabilité de l'air maritime de secteur chaud, ensuite le 7 décembre, le tassement de l'air chaud en altitude au-dessus de l'air instable arctique expulsé à l'arrière du front froid.

Dans les régions vascocantabriques le mauvais temps froid et pluvieux ne se produit pas seulement au passage des perturbations, mais il se prolonge encore après le passage du front froid. Le déplacement des fronts perpendiculairement aux chaînes montagneuses expliquent que les précipitations sont relativement plus intenses que dans d'autres régions de l'Europe occidentale lors du passage de ce type de perturbation<sup>(5)</sup>. Le soulèvement en bloc des masses d'air qui se sont réchauffées et humidifiées sur le golfe de Gascogne rend plus actif les fronts et accentue l'instabilité de l'air froid expulsé. Par suite, le ciel reste couvert et il continue à pleuvoir sur le versant septentrional des Cantabriques, longtemps après le passage du front froid. Le document photographique pris par le satellite ESSA 8 le 7 décembre 1969 à 10 h apporte un témoignage concret de ces conditions atmosphériques (fig.3.26B), alors que le front froid a atteint l'Afrique du Nord, toute la bordure N Pyrénéo-cantabrique est couverte d'un stratocumulus épais qui, vers l'O, se maintient seulement au-dessus des massifs élevés de la Galice, du Minho et des Montes de León.

Mais les précipitations postfrontales, dans les régions vascocantabriques ne sont pas des pluies orographiques dues au simple soulèvement de l'air froid instable au-dessus de la

---

(5) Dans le Bassin Parisien "les chutes bien que brutales sont très indigentes, en raison de la faible capacité hygrométrique de l'air froid".  
P. PEDELABORDE, (512) p. 138.



barrière montagneuse. Elles résultent également de l'accentuation des phénomènes d'ascendance par la convergence des filets d'air froid sur le golfe de Gascogne et les collines du Pays Basque. Nous avons vu comment l'air froid expulsé est canalisé vers le Pays Basque entre les Pyrénées et les hauts massifs cantabriques avant d'envahir le centre de la Péninsule Ibérique<sup>(6)</sup>. Ce mécanisme est évidemment très actif lorsque se produit un courant perturbé de N avec la présence dans la basse atmosphère, d'une couche d'air froid peu épaisse 1500 à 2000 m qui ne peut s'écouler que par "l'entonnoir basque". Justement la photo du 7 décembre suggère les mouvements de l'air froid par la disposition des bandes nuageuses épaisses. Celles-ci convergent en effet sur le golfe de Gascogne en direction du Pays Basque masqué par une masses nuageuse dense. D'ailleurs au S de cette région, en aval du courant canalisé, le flot d'air froid s'étale et des ondes stationnaires avec leurs vagues de nuages se développent sur le versant sous le vent.

Corrélativement sur la façade occidentale de la Péninsule, les bandes de nuages d'aspects cotonneux décrivent vers l'O un arc de cercle soulignant la déviation vers la droite de l'air froid des basses couches de la troposphère. Cette déflexion latérale du flux N par les massifs septentrionaux de la Péninsule Ibérique contribue alors à renforcer le mouvement anticyclonique au-dessus du Minho et de la Galice.

Ainsi, avec ce type de perturbation qui présente toujours les mêmes formes d'écoulement de l'air froid , les conditions de la circulation générale sur l'Europe occidentale et de l'effet hydro-dynamique d'obstacle interfèrent pour renforcer les chutes de pluie ou de neige dans les régions vasco-

-----  
(6) Supra p. 530.

cantabriques et pour accentuer les contrastes régionaux.

b) Perturbation de N liée au déplacement d'une goutte froide des Iles Britanniques au Golfe de Gascogne. le 1er et 2 mars 1958.

Dans la nuit du 1er mars une colonne dépressionnaire froide se détache du courant zonal arctique à la suite d'un cutoff-low au-dessus des Iles Britanniques. Cette colonne cyclonique qui s'insinue vers le S, entre deux crêtes anticycloniques bloquées, provoque l'ondulation du front froid d'une dépression arctique. Dans les basses couches de l'atmosphère, une faible dépression se dirige du Pays de Galles au Golfe de Gascogne qu'elle atteint dans la nuit du 2 mars, tandis qu'un anticyclone atlantique alimenté par décharge polaire à l'arrière du front froid, s'étend sur la façade O de la Péninsule.

Dans ces conditions les états de l'atmosphère varient encore fortement entre le Pays Basque et la Galice. Sur tout le versant N des Cantabriques, des massifs schisteux des Asturies Occidentales aux Pyrénées le ciel reste couvert d'une épaisse couche de Scu. Du 1er mars au matin au 2 mars au matin, en 24 heures consécutives, de fortes précipitations neigeuses sont enregistrées sur les hauteurs (fig.3.27). En réalité, les précipitations se produisent bien pendant le passage du front froid le 1er mars au matin, mais elles redoublent surtout d'intensité en fin de journée et dans la nuit du 2 mars lorsque la colonne froide avec l'ondulation frontale atteint le fond du Golfe de Gascogne. Ces abats pluviométriques élevés résultent en fait de la convergence de multiples facteurs : gradient thermique vertical élevé à l'intérieur de la colonne froide, augmentation du tourbillon relatif résultant de la convergence dynamique renforcée par la canalisation de l'air au-dessus du Pays Basque

comme le montre le resserrement des isohypses à 500 mb sur la bordure ouest de la goutte froide.

Ces pluies s'accompagnent principalement d'une baisse de températures qui ne dépassent par 4° à Igueldo, 5° à Santander le 2 mars au matin. Si les maximums se maintiennent entre 10° et 11° dans les régions littorales, l'impression de froid est cependant maintenue par les coups de vents brusques de N.

En revanche, la Galice et le Minho échappent encore à l'action directe de ce courant perturbé de N. Dans ces régions, il règne un temps moins froid de dorsale barométrique. Des éclaircies de plus en plus longues, vers le S. alternent avec des passages de gros nuages d'instabilité (Cb) qui provoquent des averses de faible intensité. Car, l'anticyclone atlantique, cette fois peu épais,<sup>(7)</sup> ne constitue pas un obstacle au développement des ascendances dans l'air froid instable qui est obligé de s'élever au-dessus des hauteurs septentrionales de la Galice.

2°) Expulsion du front arctique sur la façade atlantique.  
L'atténuation des contrastes entre la Galice et le Pays Basque ;  
Ex. 21-23 Jv. 1958.

La décharge arctique peut se produire à l'arrière d'une dépression polaire lorsque la vallée planétaire froide s'enfonce vers le Sud tandis que son versant occidental se stabilise sur la bordure E de l'Atlantique, de l'Islande à la Galice. L'expulsion de l'air froid se renforce dans le secteur postérieur

---

(7) La limite est évidemment peu précise entre le type de temps perturbé de N dégénéré, et le type de temps lié à un anticyclone océanique thermique. cf. photos . . .



de la dépression , et fait place à une cascade d'invasions d'air de plus en plus froid d'origine arctique. Des fronts arctiques peuvent alors déferler sur toute la Péninsule Ibérique, entretenir un temps froid et très pluvieux sur tout le domaine atlantique N de la Galice au Pays Basque.

Le 21 janvier 1958, la décharge polaire maritime à l'arrière du front froid d'une dépression polaire traversant la Scandinavie, fait brutalement place à une expulsion arctique guidée par le courant de N d'altitude. Ce courant développé le long du versant occidental d'une puissante vallée planétaire souffle en permanence, au-dessus de la façade atlantique de l'Europe (fig.3.28). Le front arctique dont une des ondulations entraîne le creusement d'une dépression secondaire sur la Manche (D'I selon le BQE), atteint d'abord la Galice au cours de la soirée.

Dans cette région, à un type de temps de traîne instable avec passages fréquents de gros nuages d'instabilité Cb, succède un type de temps froid très pluvieux, accompagné de manifestations orageuses. De fait pendant la nuit, les températures sont nettement inférieures aux normales : 4° à la Corogne, 3° à Vigo et Porto, 0° même à Santiago-Labaçolla, Corrélativement, il pleut avec intensité sur toutes les régions littorales de la Galice et du Minho (15 à 20 mm), tandis que d'abondantes chutes de neige sont déjà enregistrées sur les plateaux intérieurs situés au-dessus de 300 m. Des averses de plus faible intensité, soit de pluie, soit de neige se poursuivent après le passage du front froid pendant les journées du 22 et du 23, au cours desquelles s'installe l'air arctique très instable, réchauffé dans ces basses couches. Son arrivée contribue évidemment à accentuer la baisse de température (fig.3.28) et à généraliser dans les régions intérieures les fortes gelées (- 1° à Santiago, - 3° à Lugo).

Ce n'est qu'en fin d'après-midi du 22 janvier que le front arctique traverse les Asturies Orientales et le Pays Basque provoquant le redoublement des précipitations à Santander, Pendant la nuit du 23 janvier, les totaux pluviométriques y sont plus importants que ceux enregistrés en Galice, particulièrement sur le versant N des Asturies, et des hauteurs de la région de Santander, là où l'air arctique instable est soulevé en bloc.

Cependant cette fois, les différences entre le Galice et les régions vascocantabriques y sont moins accusées. Bien plus, si le temps reste très froid le long des régions littorales du Golfe de Gascogne, il est exceptionnellement moins pluvieux dans le Pays Basque lui-même, comme le montre la répartition des pluies à San Sebastián. Ce fait est certainement en rapport avec la direction suivie par les courants atmosphériques de la moyenne troposphère. A 500 mb le 22 janvier, l'extrémité méridionale de la vallée planétaire se situe au-dessus de la Péninsule Ibérique, de sorte que l'air en altitude s'écoule localement suivant une direction presque zonale, imprimant au front et à l'air arctiques un déplacement beaucoup moins perpendiculaire aux accidents topographiques du Pays Basque.

Finalement, l'affaîsissement de l'air arctique alimente la formation d'un anticyclone pelliculaire sur la Péninsule Ibérique. Mais le temps clair au régime thermique diurne contrasté ne dure guère, car un renversement de circulation marque l'installation d'un régime perturbé de SO dès le 25 janvier. Ainsi, ce type de temps perturbé de N apparaît bien, selon la classification de P. PEDELABORDE<sup>(8)</sup> comme une interférence du front arctique et du front polaire.

---

(8) P. PEDELABORDE : (512).p. 188.

### 3°) Les caractères géographiques des types de temps perturbés de N.

Dans tout le domaine océanique ce type de temps provoque des froids généralisés accompagnés d'averses, de chutes de grêle et de neige. Evidemment, l'intensité des précipitations varie fortement d'un type à un autre en fonction des caractères de la masse d'air froid arctique, en fonction de l'évolution que celle-ci a subi au cours de son déplacement vers le Sud, en particulier au contact des eaux plus chaudes du Golfe de Gascogne (9 à 11°). Mais le caractère essentiel est la forte variabilité dans l'espace de l'intensité journalière de ces pluies froides. Le tableau des fréquences des classes d'intensité selon les principales stations est très significatif. La probabilité d'avoir un jour très pluvieux recueillant plus de 12 mm lors d'une perturbation de N est très élevée dans les régions vasco-cantabriques. Ainsi apparaît la place importante que tiennent ces pluies froides de perturbations de N dans le régime pluviométrique de ces régions. Comme dans les Pyrénées<sup>(9)</sup>, le "heurt de l'air de N contre l'obstacle" orographique est bien responsable de précipitations journalières intenses.

| INTENSITES JOURNALIERES DES PRECIPITATIONS APPORTEES PAR LES<br>PERTURBATIONS DE N. - FREQUENCES RELATIVES EN CENTIEMES PAR<br>RAPPORT AU NOMBRE DE JOURS DE REGIMES PERTURBES DE N AU COURS<br>DU TRIMESTRE - DEC. FEV. (1944-1965) |    |    |    |    |    |    |     |  |  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|----|----|----|----|----|-----|--|--|
|                                                                                                                                                                                                                                      | 0  | 3  | 6  | 12 | 24 | 50 | 100 |  |  |
| IGUELDO                                                                                                                                                                                                                              | 0  | 13 | 14 | 20 | 34 | 19 |     |  |  |
| SANTANDER                                                                                                                                                                                                                            | 0  | 10 | 14 | 30 | 31 | 10 | 5   |  |  |
| LA COROGNE                                                                                                                                                                                                                           | 15 | 30 | 20 | 20 | 10 | 5  |     |  |  |
| VIGO                                                                                                                                                                                                                                 | 39 | 9  | 24 | 18 | 6  | 5  |     |  |  |
| PORTO                                                                                                                                                                                                                                | 40 | 30 | 9  | 10 | 9  | 2  |     |  |  |

(9) P. PEDELABORDE ( 516) p.34.



En revanche, les conséquences de l'éloignement de la Galice et du Minho par rapport au courant perturbé de N contribuent à diminuer dans une forte proportion l'importance des pluies froides dans ces régions. De plus, l'affaissement de l'air arctique, au cours de son déplacement vers le S, accentue la dégénérescence du courant perturbé N dans les Rías Bajas et le Minho.

Par voie de conséquence, le ciel tend à se dégager, à s'éclaircir dans ces régions littorales qui connaissent alors un régime thermique diurne plus contrasté. A Porto les maximums sont plus élevés que ceux de la Corogne, mais en revanche le thermomètre au cours des nuits claires y enregistre des températures maximales très basses, plus fréquemment inférieures à zéro

Néanmoins, partout dans le domaine océanique ces types de temps provoquent des chutes sensibles de température. Partout, règne un temps froid humide difficile à supporter à cause des brusques vents de N, accompagnant l'arrivée de l'air froid arctique.

Exceptionnellement, une perturbation de N peut entraîner à l'inverse un adoucissement relatif après une longue période de grands froids comme cela s'est produit en février 1956.

Depuis le 10 février 1956, un temps froid et neigeux règne sur l'ensemble de l'Europe Occidentale sur la bordure SE d'une cellule anticyclonique centrée sur l'Islande et les Iles britanniques. Cette façade anticyclonique est alimentée par une masse d'air très froid d'origine arctique continentale qui envahit la France puis la Péninsule Ibérique, provoquant de fortes gelées. Mais, le 11 février au-dessus des Iles Britanniques,

une ondulation du front froid séparant l'air arctique scandinave de l'air polaire maritime, se produit sous le versant occidental de la vallée planétaire qui s'étend de la Scandinavie au SE de l'Espagne. Dirigée par un flux rapide méridien, cette perturbation atteint le N de l'Espagne dans la soirée du 13. Le passage de son étroit secteur chaud, constitué d'air polaire maritime, a pour conséquence de faire remonter la température minimale du 14 au matin ( $4^{\circ}$  à la Corogne,  $3^{\circ}$  à Vigo, au lieu de  $0^{\circ}$ ) et de permettre au thermomètre d'enregistrer pendant la même journée des maximums supérieurs à  $10^{\circ}$  dans ces deux stations. Et si, les gelées persévèrent dans l'intérieur de la Galice (Santiago, Lugo) la neige cesse de tomber sur le littoral Nord pour faire place à des pluies de faibles intensités au début de l'arrivée du front chaud, puis à des averses plus violentes dues au passage du front froid (5 mm à la Corogne le 14). Le faible réchauffement venu paradoxalement du Nord se propage lentement vers le Sud et le 15 affecte les régions atlantiques du Minho.

- B) LES TYPES DE TEMPS TRES FROIDS ET HUMIDES E-NE - LES RETOURS  
-----  
D'EST PERTURBES.  
-----

Ces types de temps se produisent lorsque les conditions de la circulation atmosphérique provoquent sur le N de la Péninsule Ibérique, l'arrivée des masses d'air froid suivant une direction à résultante est-ouest. L'étude de la circulation générale<sup>(10)</sup> sur le Sud-Ouest de l'Europe a montré que très souvent en hiver, durant les périodes de circulation méridienne

-----  
(10) cf. Supra. p. 420 fig.

lente, des gouttes froides isolées, détachées d'une coulée polaire dirigent au sol des courants perturbés sur la Péninsule Ibérique.

Au SE d'un anticyclone atlantique stable, d'une part, des dépressions se creusent aux abords de la façade occidentale de la Péninsule Ibérique qu'elles traversent ensuite en suivant de courtes trajectoires EO ou SO-E, d'autre part, les dépressions isolées s'établissent sur le Bassin Méditerranéen où elles stagnent plusieurs jours. Quoi qu'il en soit les régions océaniques sont situées dans le secteur septentrional de la dépression où des vents d'E à NE donnent sous un ciel nuageux une impression de froid humide, pénible à supporter. Ces froids rigoureux sont dus au fait que ces gouttes froides ou colonnes cycloniques sont alimentées par de l'air polaire froid ou de l'air arctique, par des masses d'air qui, venant de la Scandinavie ou de l'Europe Centrale ont à l'origine de caractères thermiques rigoureux.

Enfin, le temps froid pluvieux et neigeux, manifestation du front arctique est lié, bien entendu, aux perturbations qui se déplacent du NE au SO, le long de la bordure méridionale d'un anticyclone stabilisé sur l'Europe du NO.

#### 1°) Les retours d'E provoqués par les perturbations ibériques

Les nuances du temps froid humide, ses variations géographiques sont fonction des voies que suivent les perturbations à travers la Péninsule.



a) Le courant perturbé d'ouest en est par le N de la Péninsule - Ex. 24-26 février 1962.

Avec l'établissement d'une circulation méridienne lente dans la deuxième quinzaine de février, une coulée polaire se développe de l'Europe continentale à la Péninsule Ibérique. Au-dessus de cette région se détache une goutte froide qui entretient une dépression sur la façade du Portugal. Cette irruption d'air froid provoque le 24 février, l'ondulation d'un front stationnaire peu actif, allongé du centre de la Péninsule Ibérique à la Méditerranée. Cette ondulation qui a amorcé un déplacement en direction du N du Portugal donne naissance à une perturbation qui, du 25 au 26, se déplace lentement vers l'E du Minho au Golfe de Lyon. La pointe du secteur chaud longe la bordure méridionale de l'axe montagneux Cantabriques-Pyrénées, tandis que la rétrograde du front occlus balaie la Galice et les régions vascocantabriques (fig. 3.29a).

Le passage proche de cette perturbation se traduit par un contraste géographique NS de l'état de l'atmosphère.

Dans le Minho, le temps se rapproche d'un temps pluvieux perturbé d'ouest assez doux. A Porto, l'arrivée de la perturbation entraîne un adoucissement de l'atmosphère dès le 24, avec 14°5 de température maximale tandis que les pluies sont apportées par les formations nuageuses frontales poussées par des vents de SE : 6 mm le 24, 13 mm le 25.

En revanche, du N de la Galice au Pays Basque règne un temps très frais, couvert, pluvieux et très neigeux sur les hauteurs situées au-dessus de 500 m. Le 24, toutes ces régions sont envahies par l'air polaire continental froid ( $\theta_w = 4,1^\circ$ ) qui alimente des vents vifs. De faibles pluies sont apportées dans l'après-midi par la formation de stratocumulus qui marque

en altitude la présence du front stationnaire en train d'onduler.

Le lendemain 25, le front occlus est peu actif en Galice et l'air froid postérieur qui lui succède ne fournit que des pluies insignifiantes (La Corogne). Pourtant dans les basses couches l'air froid réchauffé à la base est très instable. Les vents d'est soufflant en permanence dans la direction perpendiculaire à celle des grands accidents topographiques doivent entraver les mouvements ascendants de l'air chaud sur les versants exposés à l'O. Tandis que, dans les Asturies et le Pays Basque, le mouvement NE-SO de la rétrograde, et des vents de N-NE (cf. Santander) s'accompagne d'un soulèvement en bloc de l'atmosphère au-dessus du continent accidenté. Aussi dans les régions vascocantabriques le temps est-il encore froid, mais beaucoup plus pluvieux surtout lorsque passe le front occlus dans la nuit du 26 février (fig.3.30).

Le froid est plus accentué et plus généralisé sur le Nord Ouest de la Péninsule quand les perturbations suivent une voie plus méridionale par l'Algarve ou l'Andalousie.

b) Type de temps froid de retour d'Est avec dépression passant au Sud de la Péninsule Ibérique - Un type de temps froid d'hiver rude, avec advection d'air arctique continental 23-25 février 1956.

Du 23 février au 25 février 1956 à 500 mb une goutte froide, issue d'une coulée polaire scandinave, se déplace du Golfe de Gascogne au Nord du Maroc, selon le méridien 5°O. En fait, elle représente une tranche d'une colonne tourbillonnaire dont l'axe vertical est incliné vers le N et dont la base donne naissance à une dépression très creusée, centrée sur le S du Portugal. Si, cette dépression se déplace lentement vers le SE,

en revanche, ces fronts qui limitent différentes masses d'air évoluent plus rapidement de l'Algarve au sud des Baléares. Plus particulièrement, le passage du front occlus (fig 3.29b) entretient des précipitations moyennes sur l'Andalousie (14 mm à Séville pour les 3 jours) plus abondantes sur le centre du Portugal (Coimbra 31 mm le 29) et principalement sur la Meseta : Madrid reçoit 70 mm pendant les trois jours.

En revanche, les régions du domaine océanique sont moins arrosées. Ainsi, le Minho et la Galice reçoivent beaucoup moins de précipitations ; le pluviomètre à Porto enregistre 10 mm le 23, 5 mm le 25, et un ou deux millimètres dans la plupart des stations galiciennes. Même sur les hauteurs de la Galice intérieure, les chutes de neige sont limitées : à Alto de Rodicio, à plus de 900 m dans la Province d'Orense, les précipitations ne dépassent pas 7 mm pour les 3 jours. De même à l'autre extrémité du domaine océanique, dans le Pays Basque, les précipitations neigeuses sont faibles sur les collines, la station d'Articuza au pied du Collado de Bianditz à 600 m d'altitude recueille seulement 4 mm d'eau sous forme de neige. Toutefois, les régions littorales des Asturies et de la Province de Santander, les versants N des Cantabriques enregistrent des totaux pluviométriques beaucoup plus importants, dans la seule journée du 24, Gijón reçoit 22 mm, Santander 15 mm.

Bien sûr, les conditions générales de la circulation atmosphérique expliquent la faible pluviosité dans l'ensemble du domaine océanique : d'une part, la base du front occlus n'atteint pas cette région, du moins si l'on se réfère au tracé du front indiqué sur la carte, d'autre part les données dynamiques dans le secteur septentrional de la colonne cyclonique : affaissement au sol de l'air froid, divergence dans la moyenne troposphère,



ne favorisent guère les mouvements ascendants à l'intérieur de l'air froid. Faute de radiosondage, il ne nous est pas possible d'expliquer directement l'originalité pluviométrique des Asturies. Cependant, l'analyse des cartes contour 500 mb suggère l'idée que dans la moyenne troposphère le noyau le plus froid de la colonne dépressionnaire passe exactement au-dessus des régions médianes de la cote vascocantabrique. De sorte que dans ces régions le gradient thermique vertical doit être élevé et permettre des mouvements ascendants plus puissants à l'intérieur de l'air arctique continental dont les basses couches ont dû se réchauffer et s'humidifier au contact des eaux océaniques du Golfe de Gascogne.

L'irruption de cet air froid par l'E et le NE entretient un temps très froid, nuageux et humide sur tout l'ensemble du domaine océanique. Exceptionnellement le 23, il gèle dans les régions côtières, de la Galice au Pays Basque. Ensuite, si le thermomètre remonte légèrement, les températures minimales ne dépassent pas 2 et 4° et les températures maximales 5 à 6°, aussi bien à Porto qu'à la Corogne, Gijón ou Santander. Dans les régions relativement basses de l'intérieur, le froid est encore plus vif comme dans le bassin de Lugo où les maximums thermiques ne sont pas supérieurs à 2°. Ce froid permanent caractérisé par un régime thermique diurne peu contrasté est certainement la conséquence de l'évolution que l'air arctique d'origine continental a subi au-dessus de la surface de l'Océan. L'apport d'humidité (80-90% d'humidité relative dans la plupart des stations) entretient une forte nébulosité qui se concrétise par la présence permanente d'une couche nuageuse basse de Sc et Ns.

En somme partout un temps froid humide, avec ciel sombre et très nébuleux<sup>(11)</sup>.

---

(11) Cet état se traduit d'ailleurs par de très faibles valeurs de la radiation solaire globale qui s'effondre le 23 au niveau de 86 cal/cm<sup>2</sup>/jour alors que les autres jours le solarigraphe de GORCYNKY de l'Institut de Porto totalise plus de 200 cal/cm<sup>2</sup>/jour.

c) Les retours d'est froids et pluvieux, liés à des perturbations de SO traversant la Péninsule Ibérique.

Les types de temps pluvieux avec vents froids E et NE peuvent également apparaître sur les régions océaniques ibériques lorsqu'une perturbation du Sud-Ouest se déplace à travers l'E de la Péninsule. La situation barométrique dans les basses couches de l'atmosphère est apparemment la même que pour un type de temps pluvieux, doux, en régime perturbé de sud-ouest passant au voisinage de la Péninsule Ibérique. Mais cette fois, la perturbation se forme dans le secteur sud-est d'une colonne tourbillonnaire issue d'une coulée polaire sur l'Europe septentrionale ou continentale. Dès lors, la situation synoptique est définie par l'association : anticyclone stable, isolé sur l'Atlantique Nord et dépression nettement creusée qui se déplace de Madère aux Pyrénées en passant par l'E de l'Espagne. Les régions océaniques reçoivent avec le secteur postérieur de la dépression des vents E NE accompagnés de précipitations souvent plus abondantes, que celles provoquées par les perturbations d'O ibériques.

Par contre, les baisses de température sont moins sensibles parce que les masses d'air froid de retour ont un caractère plus maritime après avoir effectué au-dessus de l'Atlantique un parcours beaucoup plus long.

- Ex. 1-2 janvier 1962, temps froid d'E et très pluvieux sur les régions vascocantabriques.

Au cours de l'évolution d'une phase de circulation méridienne, une goutte froide détachée d'une coulée polaire scandinave entretient une dépression centrée entre Madère et le Portugal. Dès le 1er janvier 1962, ce "vortex" est associé

à une ondulation du front qui sépare l'air froid de la coulée polaire, de l'air chaud et humide stagnant sur le Bassin Méditerranéen et l'Afrique du Nord (fig.3.29c). Cette perturbation qui évolue rapidement vers le stade de l'occlusion, traverse le 2 janvier l'Espagne en se dirigeant vers le Bassin de l'Ebre et les Pyrénées.

Cette situation perturbée présente les mêmes caractères géodynamiques qu'une perturbation de SO passant sur l'Atlantique proche ou sur la Galice. Mais, les aspects du temps, ces nuances géographiques sont cette fois différents. Dans le secteur septentrional de la dépression, le NO de la Péninsule Ibérique reçoit pendant le 1er et 2 janvier des vents froids de NE assez forts (vitesse 20 à 30 km/h), par suite les températures maximales ne dépassent pas 10° tout le long du littoral du Minho au Pays Basque (fig.3.31). Surtout, l'originalité de ce temps de retour d'E réside dans le fait que les pluies les plus intenses, les chutes de neige les plus abondantes se produisent dans les régions vascocantabriques et le Minho. En Galice, les précipitations se produisent sous forme d'averses peu intenses apportées par des bandes de Sc alternant avec des éclaircies de faible durée. Dans le Minho en revanche, les pluies tombent sans discontinuité sous un ciel constamment couvert le 1 et 2 janvier au cours desquels Porto reçoit 24 mm et 5 mm, et l'on retrouve les mêmes caractères pluviométriques (fig.3.31) dans les Asturies et le Pays Basque.

Cette fois, on ne peut invoquer le passage de la goutte froide et le fort gradient thermique vertical aux environs de sa zone axiale puisque le centre de la goutte froide à 500 mb est situé sur l'Atlantique à l'O du Portugal. En réalité, les épisodes pluvieux doivent être liés aux bandes nuageuses plus épaisses de Sc développées à l'avant du front chaud parallèlement



à celui-ci, en fonction de la répartition des fortes valeurs de l'instabilité convective<sup>(12)</sup>. Or, cette activité du front chaud, dépend du fort contraste thermique air chaud-air froid, mais aussi des mouvements verticaux de l'air chaud. Ceux-ci sont justement ascendants dans la partie inférieure du front, c'est-à-dire à proximité du tracé du front qui stagne en diagonale du Minho au Pays Basque le 1er janvier. D'autre part, au-dessus des régions vasco-cantabriques l'analyse comparée des radiosondages à la Corogne et à Saragosse permet de penser que les deux masses d'air s'écoulent dans des directions opposées, la couche peu épaisse d'air froid venue de l'E NE tend à soulever l'air chaud qui arrive du SO. Le mouvement ascensionnel doit être d'autant plus fort que l'air froid des basses couches est obligé de s'élever au-dessus des massifs qui sont par suite très arrosés (Sotres 47 mm, le 2 jv). Car, il n'y a plus ici d'effet de vent rabattant le long du versant sous le vent comme dans les perturbations de SO atlantiques.

En revanche, la Galice reste éloignée de la base du front chaud, et surtout elle est située dans le secteur N de la dépression où s'amorce un mouvement de subsidence<sup>(13)</sup>. Les effets de ce dernier expliquent le réchauffement et l'assèchement de l'air plus chaud dans la moyenne troposphère et qui correspond à l'extrémité de la pointe d'air chaud enfoncée dans la colonne froide.

Ce type de temps froid humide cesse le 3 janvier lorsque le front occlus peu actif atteint les régions atlantiques, entraînant une rotation au SO des vents dans les basses couches de l'atmosphère.

---

(12) K.A. BROWNING, T.W. HARROLD ( 90 ) , p. 295.

(13) cf. Supra fig.240 selon S. PETTERSEN.

2°) Les retours d'est avec dépressions stables ibéroméditerranéennes.

Des colonnes tourbillonnaires, issues des coulées polaires développées sur la façade ouest de l'Europe, finissent par se stabiliser sur la Péninsule Ibérique et le Bassin Occidental de la Méditerranée. Elles entretiennent au sol de vastes cellules dépressionnaires qui stagnent quelques jours sur ces régions. Comme tous les courants perturbés traversant la Péninsule Ibérique, les régions océaniques sont situées dans le secteur N et NO de la dépression, elles reçoivent dès lors des vents d'E-NE qui accompagnent l'arrivée de l'air polaire maritime froid, mais aussi d'air polaire et arctique continental. Les aspects du temps dépendent des transformations adiabatiques de ces masses d'air dont l'instabilité peut rendre très actif le front stationnaire qui stagne sur la bordure N et NE de la dépression méditerranéenne. Les formations nuageuses de cette surface de discontinuité atteignent plus rarement la Galice et à fortiori le Minho que les régions vascocantabriques.

- Ex. Dépression stable méditerranéenne du 4-6 février 1954, l'advection d'air polaire continental. Les forts contrastes. Pays Basque - Minho.

Pendant ces trois jours, une vaste cellule dépressionnaire se maintient sur le bassin méditerranéen et l'Espagne tandis qu'une dorsale anticyclonique s'étend des Açores à l'Europe centrale (fig. 3-29d). Cette situation est la phase ultime de l'évolution d'une ondulation du flux zonal qui aboutit à l'isolement d'une colonne froide dépressionnaire (cutoff-low) dont le centre se stabilise sur l'Est de l'Espagne. Toutes les régions atlantiques connaissent un type de temps froid avec vent de NE, accompagné de fortes gelées qui s'étendent aux régions littorales elles-mêmes, tandis que d'abondantes chutes de neige

se produisent dans les Asturies.

Partout, le flux glacial provoque la chute des températures minimales. Ainsi le 5 février, il gèle exceptionnellement sur toutes les régions côtières : - 4°3 à Iguelo, - 1° à la Corogne, - 2° à Vigo et à Porto où un ciel plus clair favorise le rayonnement nocturne.

Dans la journée les maximums thermiques restent très inférieurs aux normales (5°, 6°) dans les stations littorales. Ce n'est que dans l'après-midi du 6, après le déplacement vers le N du front quasi stationnaire de la bordure septentrionale de la dépression, que l'air polaire maritime froid provoque un réchauffement relatif de 2 à 3°, après avoir remplacé l'air polaire continental.

Mais, si le temps présente les mêmes caractères thermiques dans l'ensemble du domaine océanique, il offre d'importantes variations géographiques en ce qui concerne la nébulosité et la pluviosité. Cette fois encore les régions des Asturies orientales reçoivent des précipitations et d'importantes chutes de neige sur les hauteurs, alors que les pluies diminuent régulièrement dans la Galice et le Minho où le ciel reste clair comme le montrent les variations des quantités d'eau recueillies quotidiennement.



| Régions                                                        | Stations                                             | Dates: Février 1954 |           |           |
|----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|---------------------|-----------|-----------|
|                                                                |                                                      | 4                   | 5         | 6         |
| Littoral                                                       | Santander                                            | 4 mm                | 5 mm      | 16 mm     |
| Vascocantabrique                                               | Gijón                                                | 2                   | 1         | 14        |
| Picos de Europa                                                | Camarmeña (450m)                                     | 40                  | 55        | 60        |
|                                                                | Sotres (1000m)                                       | 18                  | 4         | 16        |
| Asturies Occi-<br>dentales                                     | Leitariegos<br>(1525m)                               | 27                  | 12        | 9         |
| Galice intérieure<br>(Bassin)                                  | Lugo (420 m)                                         | traces              | 2         | traces    |
| Littoral N de<br>la Galice                                     | La Corogne                                           | traces              | 0         | 4         |
| Rías Bajas                                                     | Vigo                                                 | 0                   | 0         | 0         |
| Littoral du<br>Minho                                           | Porto<br>(rapport d'inso-<br>lation)                 | 0<br>81 %           | 0<br>47 % | 0<br>79 % |
| Régions monta-<br>gneuses du SE<br>de la Galice et<br>du Minho | Alto de Rodicio<br>(900 m)<br>Montalegre<br>(1005 m) | 0<br>0              | 0<br>0    | 0<br>0    |

Ces fluctuations pluviométriques sont dues en premier lieu à la position et à l'activité du front quasi-stationnaire. Orienté Est-Ouest, il passe par les Pyrénées, le Pays Basque et les Asturies, mais n'atteint pas la Galice et le Minho. Dans ces régions occidentales, la frontolyse semble résulter de conditions dynamiques, : mouvements de subsidence au sol par suite du tassement de l'air froid expulsé, flux divergents dans la moyenne troposphère que soulignent l'écartement vers le S des isohypses à 500 mb entre la Galice et le point K. En revanche, l'arrivée d'une nouvelle cellule froide dans le N de la Péninsule Ibérique, le 6 février, doit contribuer à augmenter le gradient thermique vertical et à régénérer le front occlus

qui se déplace lentement vers le N sur le Golfe de Gascogne. Mais les mouvements ascendants sont accentués par le soulèvement en bloc le long des versants N cantabriques de l'air froid inférieur qui souffle du NE.

Ce type de temps contribue donc également à augmenter la fréquence de pluies froides dans les régions vascocantabriques.

### 3°) Les grands froids neigeux des courants perturbés de NE

Des dépressions faiblement creusées ou des ondulations du front arctique se déplacent sur la façade méridionale d'un anticyclone atlantique de l'Europe Centrale ou de la Mer du Nord, en direction de la Péninsule Ibérique. Ces situations sont exceptionnelles sur la façade SO de l'Europe atlantique, elles sont néanmoins intéressantes à étudier, car elles sont responsables de grands froids neigeux comme celui du début de février 1963.

#### a) Une perturbation arctique se déplaçant de la Baltique à la Galice 2-3 février 1963 :

A la fin de janvier 1963 pendant une période de circulation méridienne, l'Europe atlantique est située sur le versant occidental d'une coulée polaire qui s'étend de la Scandinavie au Portugal. Le courant NE qui en résulte dirige vers la Péninsule Ibérique une masse d'air arctique continental. Celle-ci est séparée de l'air arctique maritime qui alimente l'anticyclone étendu sur l'Atlantique N et les Iles Britanniques, par un front. Avec l'irruption en altitude d'une goutte froide ( $-40^{\circ}$  à 500 mb), ce front arctique ondule sur la Mer Baltique. L'ondulation frontale dont la pointe est tournée vers l'E, est entraînée en direction du Golfe de Gascogne qu'elle

le atteint le 1er février au soir. Son irruption au-dessus de la surface plus chaude provoque une cyclogénèse. Le centre de la dépression ainsi creusée sur la pointe de l'ondulation passe exactement par la Galice où le vent tourne brutalement du SO à 6 h à l'E SE à 18 h dans la journée du 2 février (fig. 3.32).

#### L'évolution du temps froid.

Le déplacement de la racine du secteur chaud se marque dès lors par une évolution rapide du temps sur la Galice et le Minho. Déjà la veille, une première offensive du front arctique à l'arrière d'une dépression méditerranéenne avait provoqué un temps froid (Max. 6,0 à la Corogne, 9° à Porto) et très nuageux, avec un ciel entièrement couvert de stratocumulus. Le passage éphémère du front relativement chaud provoque bien dans la nuit du 2 l'arrivée de cumulus bourgeonnants, responsables de courtes averses accompagnées d'orages dans le Nord de la Galice. Mais, rapidement le ciel se couvre d'un nimbostratus accompagnant le front froid. Des chutes de neige se produisent alors sur toute la Galice et le Minho où les thermomètres enregistrent des minimums très bas au début de la matinée (- 0°2 à la Corogne, - 3° à Porto). Ce froid arctique se maintient pendant la journée du 3 au cours de laquelle la température ne dépasse pas à peine 5° et, fait exceptionnel, la neige se maintient sur la sol en bordure même du littoral.

Grands froids, mais également précipitations solides modestes tels sont les éléments météorologiques fondamentaux. Ainsi, les précipitations du 2 février restent inférieures à 10 mm, 8 à la Corogne et à Santiago, 6 à Porto. De même sur les régions élevées à plus de 800 m d'altitude, les chutes de neige ne sont pas abondantes puisque Fonsagrada n'enregistre que 9 mm et Alto de Rodicio 7 mm. Le lendemain, les précipitations sont insignifiantes ou nulles.



Dans les régions asturiennes et basques les aspects essentiels du temps sont identiques. Pendant ces deux jours, un froid glacial de NE souffle sur les régions littorales où les températures ne s'élèvent guère au-dessus de  $0^{\circ}$  ; les températures extérieures enregistrées à Santander le 2 sont 0 et  $+2^{\circ}$ , et  $-3^{\circ}$  et  $+1$  le 3. Les précipitations neigeuses sont également modestes dans l'ensemble du littoral, et encore se produisent-elles dans la journée du 3 avec, à l'arrière de la perturbation, l'installation de l'air arctique postérieur. Ce même jour, les abats sont plus importants à Igueldo (13 mm) et sur le Massif des Picos de Europa (Sotres : 12 mm).

Les causes de l'indigence pluviométrique de la perturbation arctique.

En réalité le front froid n'est guère actif, car au début l'irruption de l'air arctique doit être trop rapide pour subir un réchauffement des basses couches. De sorte que, dans toute cette masse d'air arctique, le taux de refroidissement, selon l'altitude, est faible et n'est guère favorable au développement de cumulonimbus le 2 février (fig.3.32 ). D'autre part, l'existence d'une humidité relative forte dans les couches supérieures de la troposphère, limite le développement de l'instabilité convective au cours du soulèvement de l'air au-dessus des reliefs. Enfin, la déviation sur la droite de la colonne tourbillonnaire, selon le sens anticyclonique, atténue les phénomènes d'ascendance.

Cependant le lendemain, un séjour plus prolongé de l'air arctique continental au-dessus du golfe de Gascogne explique un changement de structure. A la base le gradient thermique vertical s'accroît brutalement et devient légèrement supérieur au taux de décroissance de l'adiabatique sèche. Cependant le

faible degré hygrométrique (rapport de mélange 1 à 2 gr) ne peut alimenter que de faibles précipitations neigeuses sur les régions côtières. Seules les régions élevées du Pays Basque et des Picos d'Europa peuvent recevoir de forts abats, parce que l'accentuation des mouvements ascendants permet le développement de nuages d'instabilité (Cb) qui alimentent de grosses averses localisées.

b) Perturbation arctique de NE passant par le Pays Basque : 9-11 février 1956.

Le froid exceptionnellement rigoureux qui a sévi pendant le mois de février 1956, dans les régions atlantiques de la Péninsule<sup>(14)</sup>, comme dans toute l'Europe Occidentale et Méditerranéenne a été également entretenu par des perturbations de NE. Celle qui débouche sur le N de l'Espagne du 9 au 11 février, diffère quelque peu du type précédent. L'ondulation est née sous le versant occidental d'une vallée froide surmontant un anticyclone thermique sur l'Europe Centrale et Scandinave. Elle constitue une déformation du front arctique qui sépare cet anticyclone continental de l'anticyclone océanique alimenté d'air polaire maritime chaud. Surtout à partir du 9, elle évolue au contact de cette cellule anticyclonique chaude et le secteur NO d'une dépression stabilisée sur le Golfe de Gênes. Elle se déplace ainsi sur le Bassin d'Aquitaine et la pointe du secteur chaud passe, cette fois, juste au-dessus des Pyrénées Occidentales et du Pays Basque (fig 3.32 ).

Après une première invasion d'air arctique continental dirigée par la dépression méditerranéenne, l'arrivée de l'étroit secteur chaud dans l'après-midi du 9 permet au thermomètre de

---

(14) A. HUETZ DE LEMPS (326 ) p.46.

remonter et d'atteindre des maximums de 9 à 10° sur tout le littoral de la Galice septentrionale au Pays Basque, alors qu'à l'aube, les minimums ne dépassent pas 2°. Seulement, le ciel s'est couvert d'un Sc bas qui s'épaissit avec l'irruption du front froid. Cette formation nuageuse frontale s'étend lentement à la Galice qu'elle atteint dans la journée du 10 et la nuit du 11. Elle est responsable dans la soirée du 9 et toute la journée du 10 de chutes de neige dans le Pays Basque et les Asturies. De sorte que les aspects du temps sont très différents de ceux qui caractérisaient la perturbation de NE du 2-3 février 1963.

#### L'originalité du temps.

Premièrement, les chutes de neige sont beaucoup plus importantes dans ces régions vascocantabriques. Si le long du littoral les abats restent modérés (4 mm à Gijón, 6 mm à Santander le 10) il n'en est pas de même sur les hauts massifs cantabriques et en particulier sur les Picos de Europa qui reçoivent cette fois de fortes quantités de neige ; Sotres enregistre dès le 9, 40 mm puis 42 le lendemain. Il semble ainsi que les plus fortes chutes de neige sont précoces sur les hauteurs, alors que celles-ci sont normalement atteintes par le front après le littoral. En réalité les formations nuageuses sont alimentées par les condensations qui se développent dans l'air plus chaud et plus humide devenu très instable. Car, le secteur chaud est dominé en altitude par de l'air très froid et sec et cette stratification est favorable à un fort développement de l'instabilité convective lorsque l'atmosphère est soulevée en bloc. Le front est d'autant plus actif que l'air arctique continental est lui-même instable. Son irruption provoque de très fortes gelées, - 9° à Igueldo, - 7° à Santander le 11, d'autant plus que le dégagement du ciel au cours de



la nuit favorise le rayonnement. Mais au cours de la journée, malgré le faible accroissement de la température (maximum - 5° à Igueldo, 0° à Santander), l'augmentation du gradient thermique vertical entraîne l'accroissement de l'instabilité et l'apparition de nuages à développement vertical qui donne des averses neigeuses, bien après le passage du front froid.

Deuxièmement, le mauvais temps s'atténue vers le SO dans la Galice méridionale et le Minho. D'abord, la perturbation atteint plus tardivement ces régions, le 9 Vigo et Porto encore sous l'influence de la masse d'air maritime chaud enregistrent encore des températures maximales élevées 10° et 14°6 respectivement. De plus, le front arctique arrive complètement dégénéré, il produit encore quelques précipitations neigeuses le 10 et la nuit du 11 sur les régions intérieures de la Galice (Fonsagrada 12 mm, Lugo 7 mm) et même sur le littoral des Mariñas (La Corogne 1 mm). Mais déjà dans les Rías Bajas, les précipitations deviennent insignifiantes et même aucune chute de neige n'est signalée sur les hauts plateaux de la Province d'Orense. Le ciel s'éclaircit de plus en plus vers le SO et dans l'ensemble du Minho il règne un temps froid mais ensoleillé.

|                      | 9    |     |                  | 10   |       |                  | 11  |       |                  |
|----------------------|------|-----|------------------|------|-------|------------------|-----|-------|------------------|
|                      | T    | t   | $\frac{h}{H} \%$ | T    | t     | $\frac{h}{H} \%$ | T   | t     | $\frac{h}{H} \%$ |
| Montalegre<br>1000 m | 5,8  | - 0 | 82               | -1,6 | - 9,6 | 85               | -2  | -10,8 | 77               |
| Porto                | 14,6 | 5,1 | 75               | 7,8  | -00   | 96               | 7,0 | -2,7  | 84               |

T : température maximale ; t : température minimale ;

$\frac{h}{H}$  : rapport d'ensoleillement.

Les données thermiques, l'insolation et l'absence totale de précipitations dénotent que le passage de l'air polaire maritime chaud à l'air arctique s'est fait brutalement sans irruption de formation nuageuse frontale. Cette frotonlyse qui contribue à donner des faciès régionaux très différents à l'état de l'atmosphère dans le cadre de l'évolution d'une telle perturbation de NE, s'explique à la fois par des causes dynamiques et orographiques. D'une part les courants dans la moyenne troposphère divergent fortement au-dessus de la Galice et du Minho, comme l'indique la disposition des isohypses (fig.3.32) Mais également, les vents rabattants du NE sur les versants occidentaux des hauteurs de la Galice puis du Minho, contribuent au tassement de l'atmosphère et à "l'effacement" de front froid. Et bien que l'on ne puisse parler ici d'effet foehn, l'affaïssement généralisé de l'air froid entraîne un gain élevé de température du littoral du Minho par rapport au littoral vasco-cantabrique.

Nous retrouverons ce même type de contraste géographique avec des fronts de NE évoluant à l'intérieur des anticyclones thermiques continentaux.

#### 4°) Caractères généraux des types de temps perturbés d'E-NE

Ainsi de toutes les situations synoptiques responsables de l'apparition des vents froids de secteur E-NE, ce sont d'une part les dépressions stabilisées sur le bassin méditerranéen et l'E de la Péninsule, et d'autre part, les courants perturbés de NE qui commandent les froids les plus rigoureux. Le flux glacial par ces situations provoque dans tout le domaine océanique des baisses sensibles de températures, l'apparition des gelées exceptionnelles sur le littoral lui-même.

Mais, cette sous-classe de type de temps est princi-

pablement responsable de très grandes oppositions régionales. D'abord, ils sont beaucoup plus fréquents dans les régions vasco-cantabriques, la Galice et le Minho étant plus souvent protégés par les anticyclones établis sur le NO de l'Europe. Ensuite, lorsque ces types de temps s'étendent à tout le domaine océanique, ils s'accompagnent des successions habituelles d'état de l'atmosphère qui varient d'une région à l'autre. Les précipitations neigeuses qui sont modestes dans l'ensemble diminuent du Pays Basque à la Galice du N et de la Galice au Minho qui connaît un froid vif ensoleillé à la suite d'évolution dynamique aboutissant fréquemment à une frontolyse.

En revanche, l'action géographique des retours d'E provoqués par des dépressions ibériques est fort variable. Dans l'ensemble cette fois, le N du Portugal subit un temps froid pluvieux, qui se propage fréquemment à toutes les régions océaniques en fonction de la trajectoire suivie par la perturbation.



## - II - LES TYPES DE TEMPS ANTICYCLONIQUES EN HIVER

=====

Le type de temps anticyclonique est défini par une série d'états de l'atmosphère dont la succession se renouvelle dans des conditions identiques ou très rapprochées, lors de l'évolution d'un type de cellule de hautes pressions, caractérisé à l'échelle synoptique.

Evidemment, cette succession dépend en deuxième analyse des conditions géographiques : relief, orientation du littoral, nature du sol. De sorte que si chaque grand type synoptique imprime à l'ambiance atmosphérique une dominante thermique principale dans tout le domaine océanique, en revanche elle peut varier géographiquement en ce qui concerne l'humidité et la nébulosité. Pour certaines situations les variations sont telles que l'on peut parler de types de temps différents.

C'est en particulier le cas des anticyclones peu épais, des anticyclones thermiques dont on a analysé les structures à l'échelle continentale. Surmontés de coulées froides ils peuvent provoquer des épisodes pluvieux lorsque les conditions géographiques provoquent des mouvements ascendants. Ils s'opposent en cela à l'action des anticyclones dynamiques où les phénomènes de subsidence plus puissants empêchent les formations nuageuses de se développer et de donner des précipitations.

## IIa - LES JOURNEES ANTICYCLONIQUES MAUSSADES, FROIDES ET HUMIDES

-----  
PARTICULIEREMENT DANS LES REGIONS VASCOCANTABRIQUES.  
-----

Les anticyclones peu épais qui correspondent à l'affaissement de l'air froid à l'arrière d'une perturbation sont, en effet, souvent responsables de mauvaux temps dans le N de la Péninsule. En réalité, ils prolongent les conditions atmosphériques du temps de traîne, installé après le passage de la discontinuité frontale. Dans ces conditions l'ambiance atmosphérique dépend du type de circulation synoptique qui règne sur l'Europe Occidentale. Cependant, ces types de hautes pressions présentent un intérêt géographique commun, en accentuant les variations régionales.

### - A) LES TYPES DE TEMPS ANTICYCLONIQUES FRAIS ET NUAGEUX.

-----  
Les dorsales barométriques alimentées par les décharges  
-----  
polaires des perturbations d'O.  
-----

Le Nord-Ouest de la Péninsule Ibérique<sup>(1)</sup> est situé dans une vaste zone anticyclonique atlantique dont le centre se déplace vers l'Est pour se stabiliser sur la façade océanique du SO de l'Europe. En fait, cette aire de hautes pressions est constituée de plusieurs cellules correspondant à des structures différentes, limitées par des fronts peu actifs qui prolongent les fronts des perturbations d'O évoluant plus au N. Ainsi, la cellule de hautes pressions du NE est alimentée par l'air polaire froid qui s'affaisse à l'arrière du front froid de la perturbation. Elle re présente cet anticyclone thermique

-----  
(1) V. MASACHS ALAVEDRA ( 428 ) p.43.

maritime qui évolue rapidement vers l'est en liaison avec l'ondulation cyclonique du courant zonal d'altitude<sup>(2)</sup>.

L'évolution du type de temps, créé par cette dorsale barométrique juxtaposée à l'anticyclone subtropical des Açores se fait entre le passage du front froid et l'arrivée d'un front chaud qui annonce l'installation de l'anticyclone maritime d'alimentation chaude ou l'advection du secteur chaud d'une nouvelle perturbation. Dans ce dernier cas, elle représente une accalmie éphémère entre des averses postfrontales et des pluies fines annonciatrices du front chaud.

1°) Evolution rapide d'un anticyclone ibérique le 22 janvier 1962. Les caractères généraux.

Un anticyclone thermique peu épais s'installe sur la Péninsule Ibérique (fig.3.33a), après le passage d'un front froid qui dépasse dès 6 h du matin, le domaine océanique. Après les pluies modérées, provoquées par le front pendant la nuit, le ciel s'éclaircit quelque peu, nébulosité 5 à 7/8 suivant les régions. Mais de gros nuages (Cb), poussés par des vents assez forts de NO, sont encore responsables de quelques averses éparées qui fournissent à peine 1 à 2mm d'eau. Puis, le dégagement du ciel s'accroît, les éclaircies deviennent plus nombreuses et les cumulus bourgeonnants font place à des cumulus humilis surmontés de quelques voiles de Ci. Le soleil fait ainsi une apparition, bien que la température n'augmente guère; alors que la nébulosité descend autour de 5, les températures maximales dépassent 11, 12°, 2 à 3° de plus que les températures minimales du matin. Mais ce répit ne dure pas, rapidement au cours de l'après-midi les nuages supérieurs deviennent plus denses et un voile de Sc remplace les Ci. Dès, à la tombée

-----

(2) Cf. supra p. 440.



de la nuit le ciel est entièrement couvert par les nuages stratifiés qui marquent l'advection en altitude de la partie supérieure du front chaud d'une nouvelle perturbation. Ce dernier propagera lentement des pluies de faible intensité de la Galice au Pays Basque, au cours de la nuit et de la matinée du 23.

La courte durée de ce type de temps, à peine 24 heures, est liée évidemment à la circulation zonale rapide qui règne au cours de ce mois de janvier 1962. Entraînée rapidement vers l'E la cellule froide ne se stabilise pas, son écoulement vers le S n'est pas assez ample pour provoquer une notable diminution de sa vitesse de rotation, de sorte qu'elle n'est pas entraînée dans un mouvement tourbillonnaire anticyclonique, dans un mouvement général d'enroulement vers l'O. L'affaïssissement de l'air froid entraîne cependant un accroissement de pression dans les basses couches de l'atmosphère, et une amélioration très passagère du temps, par diminution de l'instabilité de l'air froid. En effet, les couches supérieures de l'air froid, descendant entre 2 500 et 3 500 m, se réchauffent et s'assèchent comme le confirme le radiosondage de la Corogne. Cette évolution hygrothermique entraîne la disparition des nuages à développement vertical. Mais déjà au milieu de la journée dans la moyenne troposphère, l'air chaud ( $\theta'w = 12^\circ$ ) et humide commence à glisser au-dessus de cet air froid asséché (fig. 3.33a).

## 2°) Les nuances géographiques.

Cependant, cette structure se modifie quelque peu en fonction de certaines données géographiques. D'une part, l'étalement de l'air froid expulsé à l'arrière d'une perturbation s'accroît vers le S et d'autre part, son déplacement vers le SO est entravé par les hauteurs cantabriques. Ces facteurs

se conjuguent pour introduire des nuances dans l'enchaînement des états de l'atmosphère, à l'intérieur du domaine océanique.

Dans les régions vascocantabriques, l'installation de l'expulsion s'accompagne de vents de NO assez forts (40 kmh à Santander) poussant de nombreux nuages d'instabilité qui fournissent des averses plus fréquentes. Iguelo, après le passage du front froid, reçoit encore 2,7 mm de précipitations. En revanche, de la Galice septentrionale aux Rías Bajas et au Minho, l'instabilité de l'atmosphère au début de ce type de temps est moins marquée et surtout l'amélioration du temps est plus sensible. Le ciel s'éclaircit de plus en plus ; à Vigo par exemple la nébulosité au milieu de la journée descend à 2/8. Corrélativement la température s'accroît vers le S, alors que la température maximale ne dépasse pas 10°8 à La Corogne, elle atteint 12°4 à Vigo et 14° à Porto.

Ainsi, le temps qui règne avec l'installation d'une dorsale barométrique, constitue un épisode qui prolonge et parfois se confond avec le temps de traîne d'une perturbation d'O. L'ambiance atmosphérique et les variations régionales ont les mêmes aspects.

- B) LES TYPES DE TEMPS ANTICYCLONIQUES FROIDS ET HUMIDES EN  
-----  
CIRCULATION MERIDIENNE N.  
-----

L'ambiance froide et humide règne également lorsqu'une cellule anticyclonique thermique se forme en circulation méridienne N. Nous savons qu'elle prolonge un anticyclone maritime étiré en latitude et qu'elle est surmontée tantôt par le versant occidental d'une ample vallée froide, tantôt par

une goutte froide détachée d'une coulée polaire. Cependant, l'air maritime froid instable (Pmf ou Am) qui l'alimente, subit des évolutions différentes d'une région à l'autre du domaine océanique : soulèvement et convergence dans les régions vascocantabriques, affaissement et déviation vers l'O dans la Galice et le Minho ; d'où de fortes variations régionales qui rappellent celles étudiées avec les perturbations de N.

1°) Temps froid et instable avec anticyclone thermique alimenté par une expulsion froide de perturbation de N - Ex : du 18-19 janvier 1952.

Le 18-19 janvier 1952, sur la façade atlantique de la Péninsule s'établit une cellule anticyclonique qui se soude à un anticyclone d'air tropical maritime chaud centré sur les Açores. La cellule représente, encore ici, un type d'anticyclone thermique peu épais, dû à l'affaissement de l'air froid maritime d'origine arctique dont l'advection est liée à un courant perturbé de N à travers l'Europe centrale. Le front froid de la perturbation méridienne a abordé la Péninsule dans la nuit du 18 , et atteint le centre de l'Espagne vers 6 h du matin. A l'arrière, la pression se renforce et l'anticyclone s'étire en latitude englobant entre les isobares 1 020 et 1035 mb tout le domaine océanique (fig.3.33b) tandis que dans la moyenne troposphère souffle un vent froid rapide sur la bordure occidentale de la vallée froide qui recouvre toute la façade occidentale de l'Europe.

Cette situation se maintient pendant les 2 jours au cours desquels l'état de l'atmosphère conserve les mêmes caractéristiques avec les mêmes oppositions régionales.

Car cette fois encore, le temps varie fortement d'une région à l'autre dans le cadre de cette situation synoptique.



Les variations régionales sont dans le même sens que celui des nuances régionales du temps avec les dorsales barométriques de circulation zonale. Toutefois, en circulation méridienne les contrastes géographiques sont plus accentués.

Sur la façade septentrionale atlantique des Rías Altas galiciennes au Pays Basque le ciel reste très nuageux.  
De larges bandes de nuages d'instabilité, cumulus bourgeonnants ou cumulonimbus déferlent, poussés par des vents forts de secteur N (12 à 20 m/s). Ils sont responsables d'averses courtes et intenses accompagnées parfois de grêle. Ces averses sont surtout fréquentes dans les Asturies orientales et le Pays Basque ; le 18 janvier à Santander on enregistre encore 8 mm, beaucoup moins que lors du passage du front froid de la perturbation (16 mm), mais les averses se produisent toute la journée et redoublent d'intensité à la fin de la journée. Dans les Rías Altas galiciennes où le ciel est encore très nuageux et les éclaircies rares, les précipitations sont moins intenses : à peine plus d'un millimètre à la Corogne. Bien entendu, les chutes de neige sont importantes sur l'axe montagneux Cantabriques-Pyrénées, toutes les stations d'altitude supérieure à 500 m recueillent des quantités d'eau appréciables sous forme de neige : Articuza dans le Pays Basque 19 mm, Sotres dans les Picos de Europa 24 mm, Leitareigos dans les Asturies Occidentales 9 mm. Des chutes de neige se poursuivent également sur les hauts plateaux et les massifs de la Galice Septentrionale. Pourtant le long du littoral, le froid n'est pas excessif. Si, les maximums sont inférieurs aux normales (9°2 à Santander, 11° à la Corogne) la baisse de température est moins sensible que lors des régimes perturbés de N-NE ou des anticyclones thermiques continentaux. C'est que l'air arctique a parcouru un long trajet méridien au cours duquel il s'est réchauffé par la base. Déjà en Bretagne, le gradient thermique

vertical dans les basses couches de l'air arctique est presque aussi élevé que le taux de décroissance de l'adiabatique sèche (cf. radiosondage de Brest). Or, ce gradient n'a pu qu'augmenter au cours du déplacement de la décharge arctique au-dessus du golfe de Gascogne. Aussi à l'intérieur de cet anticyclone pelliculaire, l'air froid présente-t-il des conditions de forte instabilité convective qui explique le développement des nuages à développement vertical et l'accroissement des chutes de neige sur les hauteurs.

Ces conditions d'instabilité se maintiennent le lendemain. Dans ces mêmes régions, le temps se déroule suivant le même scénario. Seules les averses sont moins intenses et moins fréquentes. L'air de plus en plus froid qui continue d'arriver contient moins de vapeur d'eau, et son étalement qui s'accroît vers le S commence à entraver les mouvements ascendants. D'ailleurs, ceux-ci disparaissent du N de la Galice au Minho.

L'amélioration du temps sur le Minho. Vers le S le temps reste frais, les températures maximales sont encore inférieures aux normales : aux environs de 11 à 12° à Vigo et Porto. La baisse des minimums est même plus sensible, à tel point que dans la nuit du 19, il gèle à Porto (-0,5). Car, le ciel est de plus en plus dégagé, et si le soleil brille dans la journée -le rapport d'insolation dépasse 80 % à Porto pendant les deux jours- le rayonnement nocturne entraîne une forte déperdition de chaleur. De fait, le temps devient de plus en plus clair vers le S. Même sur les hauteurs cette évolution se fait sentir. Ainsi sur les hauteurs de la Province d'Orense, il neige encore mais les chutes sont beaucoup moins abondantes que dans les Asturies. Plus au Sud sur les hauteurs du Minho le plafond nuageux se déchire et n'apporte plus de précipitations neigeuses.

Ce changement de temps est lié à l'accélération de l'affaissement de l'air froid vers le S, imposé par les conditions de la circulation générale. De plus, comme pour les masses d'air se déplaçant avec des perturbations de N, l'air arctique est dévié sur sa droite par les massifs montagneux ce qui entraîne, l'accumulation de l'air et l'augmentation de la pression et du mouvement anticyclonique. C'est donc dans un air froid descendant que les formations nuageuses se dispersent.

Ce type de temps ne dure pas, car la vitesse du courant chaud de la crête anticyclonique qui relie vers l'O la vallée froide, s'accélère et donne naissance à une nouvelle ondulation du front arctique<sup>(3)</sup> qui atteint le N de l'Espagne dans la journée du 20.

2°) La permanence des contrastes régionaux confirmée par les photos de satellite - Ex. du 26 février 1970.

La situation synoptique est identique à celle du 18-19 janvier 1952 : même type de circulation méridienne, même évolution d'un anticyclone pelliculaire après expulsion froide à l'arrière d'une perturbation de N. Aussi les variations géographiques des états de l'atmosphère sont-ils semblables : temps frais très nuageux et pluvieux de la Galice septentrionale au Pays Basque, temps frais mais sec dans les Rías Bajas et le Minho.

La disposition des systèmes nuageux sur la photo de satellite de Essa 8 du 26-10 h rappelle celle que nous avons analysée précédemment pour un régime perturbé de N. On y retrouve : (fig. 3.33 B).

---

(3) J. LEPAS et G. ROCHE ( 386 ) 15-13

Au-dessus de Brest et de Bordeaux, dans l'air chaud des couches supérieures, la vitesse du vent de N dépasse 100 km le 19 janvier à 03 h.



- a) la barrière nuageuse (Cu, Cb) dense sur l'axe Pyrénées-Cantabriques alors que le système nuageux au tracé arqué du front froid est sur la Méditerranée et l'Afrique du Nord.
- b) la disparition de ce front au Sud de la Péninsule et sur le Maroc (frontolyse), provoquée par l'étalement de l'air froid vers le Sud.
- c) l'influence du relief du N de la Péninsule sur l'écoulement et l'évolution de l'air froid avec :

- une pénétration plus facile de l'air froid par le Pays Basque confirmée par la convergence de bandes de nuages d'instabilité au-dessus du golfe de Gascogne, et par le prolongement du système nuageux dense au S du Pays Basque, en direction des Monts Celtibériques et des Sierras Centrales.

- un affaissement brutal de l'air froid le long de la retombée méridionale des Pyrénées et des Asturies, avec effet de foehn, suggéré par le brutal arrêt du système nuageux, au N du Bassin de l'Ebre et du León.

- un écoulement divergent et turbulent au-dessus des hauteurs de la Galice méridionale, du Minho et du Tras os Montes avec effet de vent rabattant sur le littoral du Minho et les hauts plateaux intérieurs. Les effets orographiques localisés venant s'ajouter à la déviation de l'air dû à l'effet d'obstacle, et à l'étalement général de l'air froid vers le S et le SE pour dégager le ciel au N du Portugal.

3°) Le temps frais et humide avec anticyclone thermique surmonté d'une goutte froide : 4-5 janvier 1962. L'accentuation des contrastes pluviométriques.

Après un courant perturbé de Sud-Ouest à travers la Péninsule Ibérique, une vaste dorsale anticyclonique s'étend

dans les basses couches de l'atmosphère, des Açores à l'Europe Centrale. Mais en altitude, la circulation atmosphérique offre une disposition plus complexe : deux crêtes anticycloniques, l'une axée des Açores à l'Islande, l'autre sur l'Europe Centrale, sont séparées par une goutte froide polaire. Ce tourbillon cyclonique polaire se déplace vers le Sud en passant exactement par la Galice et le Minho (fig.3.35).

Un temps couvert peu pluvieux sur la façade occidentale.

Sur ces régions, où le ciel est entièrement couvert d'une couche basse de stratocumulus, règne un temps maussade brumeux, avec l'apparition de brouillards matinaux le long du littoral. Les températures médiocres varient peu : min. 5 à 6°, max. 8 à 9°. Cependant, la couverture nuageuse ne donne que des pluies fines, des "lloviznas", véritables crachins, qui fournissent de faibles quantités d'eau : inappréciables ou à peine supérieures à 1 mm durant la journée du 5, aussi bien à la Corogne qu'à Vigo et Porto. Bien plus, ces précipitations se produisent surtout dans les régions peu élevées ; côtes ou plateaux inférieurs à 500 m. Ainsi, les stations d'altitude : Fonsagrada, Alto de Rodicio, ne mentionnent aucune pluie pour le 5 janvier 1962, et Leitariegos ne recueille que de très faibles chutes de neige.

La colonne tourbillonnaire froide ne semble pas être le théâtre de mouvements ascendants puissants susceptibles de donner des masses nuageuses épaisses. Le 4, la Galice est située dans l'axe vertical de la colonne, comme le suggère l'absence totale de vent dans les couches moyennes et supérieures de l'atmosphère (radiosondage). Il semble que l'on assiste même dans cette zone axiale à un mouvement de subsidence qui se traduit, entre les altitudes 500 et 1000 m, par un réchauffement relatif peu favorable au développement verti-

cal des nuages. Cependant le 5, cette subsidence tend à s'atténuer, l'accroissement de vitesse des courants aériens favorise les mouvements ascendants à l'origine de précipitations un peu plus fortes.

De fait, le rétrécissement des isohypses sur la carte contour 500 mb du 6 janvier 00 h TU indique une augmentation du tourbillon relatif à l'intérieur de la colonne froide qui, régénérée, dévie sa trajectoire vers le SE, puis vers l'E. Dès lors, elle est responsable de chutes de pluies anticycloniques exceptionnellement plus élevées que dans le Nord-Ouest, sur le Portugal Central (Coïmbra 2,7 mm) et sur la Manche (Albacete 4 mm).

Des pluies plus abondantes sur les régions vascocantabriques.

Dans les régions littorales du Golfe de Gascogne, les conditions thermiques sont identiques ; la masse d'air polaire maritime froid maintient des températures maximales nettement au-dessous des normales, de l'ordre 8-9°. En revanche, il règne une atmosphère plus humide, une couche de Sc plus épaisse alimente des précipitations beaucoup plus abondantes. A Santander, il pleut régulièrement durant ces deux jours : 11,9 et 9,5 mm. Si Igueldo enregistre moins de pluie le 4 (2 mm), il reçoit le 5 11 mm tandis que les précipitations semblent être encore plus fortes sur les collines basques, Articuza recevant 17 mm le même jour.

Cette forte pluviosité est liée au déplacement d'est en ouest d'un front occlus à l'intérieur de l'air de hautes pressions. Ce front que l'anticyclone pelliculaire ne peut empêcher d'évoluer, doit être une manifestation du front méditerranéen. En effet, dans la moyenne troposphère une langue



d'air chaud venue du bassin méditerranéen pénétre dans le secteur NE de la colonne cyclonique froide, comme aspirée par un tourbillon. Abondamment pourvue en vapeur d'eau, elle alimente par refroidissement un système nuageux dense qui se déplace lentement vers l'O, entraîné par le flux E-SE de la bordure septentrionale de la goutte froide.

Le lendemain ce front régresse vers l'Est, conformément au mouvement de la goutte froide qui atteint le golfe de Gênes, il reste cependant sur le Pays Basque une couche de Sc qui fournit quelques faibles pluies alors que le ciel se dégage sur la Galice où s'installe un anticyclone dynamique avec l'arrivée en altitude de la crête chaude.

#### - C) LES TYPES DE TEMPS ANTICYCLONIQUES FROIDS ET NEIGEUX.

##### ----- ANTICYCLONE THERMIQUE A ALIMENTATION CONTINENTALE. -----

Les types de temps rigoureux avec prédominance de brises froides du Nord-Est sont également dus à l'installation de cellules de hautes pressions centrées sur l'Europe et la Mer du Nord. Dès lors, le domaine océanique reçoit des vents d'Est à Nord-Est alimentés parfois par des masses d'air polaire continental ou arctique continental qui remplacent l'air polaire maritime stagnant sur la façade SO de l'Europe. Cependant, ces advections d'air d'origine continentale ne sont pas responsables de très grands froids, analogues à ceux enregistrés dans l'intérieur de l'Europe ou sur la Meseta ibérique, lors de situations barométriques identiques. Mais ces advections sont capables de provoquer des précipitations neigeuses assez inattendues en situation de hautes pressions. D'une part, l'air continental subit une transformation pendant son déplacement au-dessus du golfe de Gascogne sur lequel il se réchauffe et

se charge d'humidité, d'autre part, dans le Nord de l'Espagne, le secteur méridional de la cellule de hautes pressions centrées sur le N de l'Europe, correspond bien souvent à un anticyclone peu épais surmonté par le versant occidental d'une vallée froide ou la partie nord-ouest d'une goutte froide isolée en fin de période de circulation méridienne (cutoff cyclone). Dès lors, circulent à l'intérieur de la bordure sud-est de l'anticyclone des fronts froids plus ou moins actifs dirigés par le courant froid cyclonique de Nord-Est en altitude. Le passage rapide de ces fronts alimente des précipitations neigeuses qui restent cependant modestes.

Ces types de temps anticycloniques se rapprochent donc par certains aspects, des types de temps perturbés du Nord-Est. Ils introduisent les mêmes variations géographiques liées à une atténuation du mauvais temps d'est en ouest, à un passage d'un type de temps froid neigeux dans les Asturies à un type de temps froid mais ensoleillé sans manifestation pluvieuse dans le Minho.

Toutefois, dans les régions de mauvais temps neigeux, l'enchaînement des divers états du ciel diffère de celui qui accompagne l'évolution d'une perturbation de NE. Cette fois, les périodes de ciel sombre, couvert, sont plus brèves et sont suivies par des périodes de ciel faiblement nuageux dont les durées augmentent en allant du Pays Basque à la Galice septentrionale. De sorte que, le caractère contrasté de ce type d'état de l'atmosphère à influence continentale ne réside pas uniquement dans l'augmentation de l'amplitude thermique diurne, mais encore dans le rythme des aspects du ciel, dans l'alternance des phases de temps couvert, neigeux et des phases de temps clair ensoleillé.

1°) Les contrastes régionaux accentués entre le Pays Basque et le Minho - Ex. 7-9 février 1960.

Un anticyclone centré sur les Iles Britanniques et la Mer du Nord couvre toute l'Europe atlantique et continentale de la Scandinavie au Sud de l'Espagne. Cette vaste cellule est loin d'être homogène puisqu'elle est constituée par plusieurs masses d'air qui pivotent autour de son centre dans le sens inverse des aiguilles d'une montre, de sorte que le 8 février l'air polaire maritime atteint des régions septentrionales, l'Ecosse et la Scandinavie, alors que l'air polaire froid continental envahit la Péninsule Ibérique. En fait, nous avons affaire ici à deux types d'anticyclones juxtaposés, très fréquents en période de circulation méridienne. A l'Ouest, un anticyclone dynamique d'air polaire maritime chaud s'est développé sous l'axe de la crête chaude de grande amplitude qui s'étend des Iles Madère à la Scandinavie en passant par les Iles britanniques. A l'Est et au Sud, un anticyclone thermique entretenu par l'affaissement de l'air froid dans une vallée planétaire, axée de la Russie à la Péninsule Ibérique. (fig. 3.36).

Sous le versant occidental de cette vallée, guidées par le flux méridien de nord-est, se succèdent sur le N de l'Espagne, des masses d'air de plus en plus froides et de plus en plus continentalisées.

Le 7, le vent de NE qui souffle dans toutes les régions océaniques, est alimenté par de l'air polaire maritime faiblement continentalisé. Le mauvais temps de NE n'a pas encore atteint les régions occidentales du domaine océanique, en Galice, le ciel clair se couvre partiellement de Sc peu épais et de Cu pendant l'après-midi. En revanche dans l'après-midi, le ciel qui était resté couvert après l'expulsion froide à l'arrière d'une perturbation, s'assombrit dans le Pays Basque



et les Asturies Orientales. Le voile de Sc qui s'étend et s'abaisse, marque l'approche d'un nouveau front froid venu cette fois de l'Europe Centrale et qui, pendant la nuit du 8, traverse le golfe de Gascogne et finit par atteindre l'extrémité Nord-Ouest de la Péninsule Ibérique. Son déplacement vers l'O provoque de proche en proche un abaissement de la température. Déjà dans les régions vascocantabriques les températures maximales ( $9^{\circ}$ ,  $8^{\circ}$ ) du 7 enregistrent une baisse de  $3^{\circ}$  à  $5^{\circ}$  par rapport à celles de la veille. Puis, la généralisation de la diminution sensible des minimums du 8, dans toutes les régions océaniques (Porto,  $- 0,3$ ) prouve que l'air froid polaire continental a atteint le N du Portugal. Dès lors, le froid s'installe dans tout le domaine océanique ; le 8 et le 9, les maximums ne dépassent nulle part le long du littoral  $9^{\circ}$ , et Porto enregistre même le deuxième jour sa température maximale la plus basse du mois. Au petit matin du 9, le froid est rigoureux : il gèle dans la plupart des stations du littoral vascocantabrique, et les minimums ne dépassent guère  $+ 1^{\circ}$  sur les côtes de la Galice et du Minho. Dans les régions plus élevées de l'intérieur, la chute des températures est encore plus marquée :  $- 2^{\circ}$  à Lugo,  $- 4^{\circ}$  à Labacolla et  $- 7^{\circ}$  à Montalegre.

Toutefois, les autres aspects atmosphériques sont loin de présenter une telle unité dans tout le domaine océanique, et l'évolution du temps varie fortement d'une région à une autre. L'invasion du front de NE provoque en effet des précipitations neigeuses dans toutes les régions vascocantabriques, beaucoup plus faibles sur les régions littorales que celles apportées par les perturbations de NE (7 mm à Gijón, 4 mm à Santander), elles restent encore importantes dans les Picos de Europa où Sotres enregistre plus de 20 mm. Mais, l'activité du front diminue progressivement vers l'O, Leita-

riegos ne reçoit plus que 5 mm d'équivalent en eau, et les chutes de neige deviennent insignifiantes dans la Galice septentrionale pour disparaître complètement dans les Rías Bajas et le Minho où la nébulosité reste faible pendant le passage de la surface de discontinuité. En revanche le 9, tandis que le ciel s'éclaircit sur le Pays Basque, les nuages d'instabilité Cb deviennent plus fréquents dans les régions océaniques occidentales où seule la Galice septentrionale reçoit des précipitations neigeuses épaisses.

## 2°) L'origine des variations géographiques.

Cette opposition géographique est la conséquence des mêmes causes géodynamiques analysées avec les perturbations de NE. Elles aboutissent à une véritable frontolyse sur les Rías Bajas et le Minho. Car, dans ces régions qui sont sous le vent et où l'air froid inférieur tend à s'étaler vers le SO les mouvements ascendants disparaissent. La structure du front froid (radiosondage la Corogne 8 février) montre, en effet, que l'instabilité ne peut se développer que dans une atmosphère en voie de soulèvement au-dessus d'un massif montagneux.

Mais le 9, le déplacement du centre de la goutte froide au-dessus de la Galice, entraîne l'installation d'une masse d'air qui présente des conditions d'instabilité sélective sur une forte épaisseur, tandis qu'un mouvement de subsidence se développe dans le secteur nord de la colonne cyclonique au-dessus du Pays Basque et du Bassin d'Aquitaine où s'amorce une inversion de température à l'intérieur de la masse d'air polaire continental<sup>(4)</sup>. Cependant, les effets de l'augmentation de

---

(4) Selon le radiosondage de Bordeaux du 9 février,  $\theta_w$  a sensiblement la même valeur de chaque côté de la surface de l'inversion de température, confirmant le fait que le réchauffement et l'assèchement des couches supérieures de l'air froid résultent bien d'un mouvement de subsidence conséquence des conditions dynamiques existant dans le secteur N des dépressions isolées (cutoff-low).

l'instabilité dans la Galice et le Minho sont limités parce que :

- ces régions restent sous l'influence du vent d'E rabattant et de la déflexion imposée par le relief.
- la cellule froide est déviée sur sa droite décrivant une trajectoire anticyclonique qui caractérise une diminution du tourbillon relatif.

Cependant, l'interférence au large du Portugal de cette cellule avec une autre venue de l'atlantique, va écourter la durée de cet anticyclone thermique en déclenchant une perturbation de SO qui aborde le Minho et les Rías Bajas.

## II b - TYPES DE TEMPS ANTICYCLONIQUES FRAIS PLUS ENSOLEILLES -

### ----- ANTICYCLONES DYNAMIQUES A ALIMENTATION FROIDE. -----

Les expulsions froides qui atteignent la Péninsule Ibérique n'engendrent pas régulièrement des anticyclones thermiques pelliculaires. Les analyses de la circulation atmosphérique en Europe occidentale nous ont montré que la structure des anticyclones dépend également de l'évolution des grands courants d'ouest dans la moyenne troposphère. Ainsi, ces expulsions froides peuvent s'étaler sur le S tandis que le mouvement vers l'O des ondulations des courants d'O entraîne l'installation au-dessus de la Péninsule Ibérique d'une crête anticyclonique en altitude. Dès lors, la cellule anticyclonique est plus épaisse,        puisqu'au mouvement d'affaissement de l'air froid vient s'ajouter la subsidence de l'air chaud supérieur. Ce sont là des conditions thermodynamiques qui entraînent la désagrégation des surfaces de discontinuité



à l'intérieur de l'aire de Hautes Pressions. Le temps est donc encore frais, mais avec la dislocation des corps nuageux, il est plus ensoleillé que lors de la présence d'un anticyclone thermique.

Cependant, des variations apparaissent en fonction de la position des anticyclones sur la façade de l'Europe Occidentale et en fonction du type de circulation générale, zonale ou méridienne. D'une part, des anticyclones maritimes centrés sur l'Atlantique N; ils dirigent des vents de NO à NE qui sont alimentés par de l'air froid maritime. D'autre part, les anticyclones à sites plus continentaux, centrés sur le NO de l'Europe (Iles Britanniques, Mer du Nord) ou sur l'Europe centrale, liés plus souvent à des formes de circulation méridienne ; ces anticyclones sont plus stables et facilitent la continentalisation de l'air maritime lorsqu'ils ne sont pas directement constitués par de l'air froid continental.

Mais, il est certain que le temps et l'enchaînement des états de l'atmosphère présentent des nuances régionales dans le cadre d'un même type anticyclonique. Dans ce cadre synoptique la direction des vents par rapport aux orientations du relief, la position des régions par rapport aux éléments de la circulation atmosphérique dans la moyenne troposphère contribuent à faire varier l'ambiance atmosphérique d'un point à l'autre du domaine océanique.

- A) LE TEMPS AVEC LES ANTICYCLONES MARITIMES DYNAMIQUES A  
-----  
ALIMENTATION FROIDE.  
-----

Ces variations géographiques sont d'ailleurs très marquées lorsque l'anticyclone atlantique est associé à une plus ample ondulation des courants d'O, caractérisant une évolution vers la circulation méridienne N.

1°) Anticyclone maritime associé à une perturbation d'O. septentrionale - Ex. 14-16 février 1962.

Temps frais et pluies rares sur le Pays Basque, temps frais et ensoleillé dans la Galice méridionale et le Minho.

En février 1962, l'axe des courants d'O est situé à une latitude anormalement septentrionale. Par suite, les systèmes dépressionnaires atteignent rarement la Péninsule Ibérique qui lors les trois premières semaines est située dans une vaste zone de hautes pressions, s'étendant des Açores au Bassin Méditerranéen. Cependant, ce vaste anticyclone n'a pas une structure homogène. Les expulsions froides à l'arrière des perturbations se glissent sous la bordure orientale de l'ondulation anticyclonique lorsque l'axe d'une vallée froide atteint l'Europe du NO. Alors, l'anticyclone atlantique épais est alimenté dans les basses couches par l'air froid qui se déplace à l'arrière du front froid, séparant deux cellules anticycloniques différentes : l'une chaude, l'autre froide. Dès lors, dans le domaine océanique, un temps frais plus ou moins ensoleillé évolue entre les passages successifs des surfaces de discontinuité qui limitent ces cellules anticycloniques mitoyennes.

- Conditions synoptiques et caractères généraux du temps  
-----

Ainsi, dans la nuit du 14 février, un front froid lié à une perturbation septentrionale achève de traverser le NO

de la Péninsule Ibérique. Derrière lui, la pression augmente rapidement et jusqu'au 16 février ; tout le domaine océanique se situe dans une aire de pressions supérieures à 1030 mb. Mais cette fois, on n'a pas à faire à une simple dorsale barométrique due à l'arrivée d'un air froid lourd. Celui-ci, en réalité, s'étale vers le SO au-dessous de la bordure orientale d'une crête d'air chaud : à 500 mb, le versant occidental de la vallée froide associée à la perturbation est remplacé par la bordure orientale de l'ondulation anticyclonique pendant la journée du 14, et l'axe de cette ondulation se déplace vers l'E pour englober la Péninsule le 16 (fig.3.37). Ce double mouvement -étalement vers le S de l'air froid, progression de l'ondulation anticyclonique d'air chaud dans la moyenne troposphère- se suit facilement sur la séquence des radiosondages de la Corogne du 14 au 16 février (fig.3.37) qui soulignent bien l'inversion de température. Cette présence de l'air chaud subsident n'est guère favorable au développement de l'instabilité bien que le taux de décroissance de la température dans l'air froid soit élevé.

Aussi, dans l'ensemble du domaine océanique les précipitations cessent-elles à l'aube du 14, et le ciel s'éclaircit. L'amélioration du temps s'accentue avec l'advection de l'air chaud subsident en altitude, de sorte que le 16 février, c'est un beau temps ensoleillé qui règne du Pays Basque au Minho. Mais, un temps frais dû à la présence de l'air maritime froid qui stagne encore dans les basses couches de l'atmosphère. Partout dans les régions littorales, les températures maximales du 16 restent légèrement inférieures aux normales comme pendant les deux jours précédents : Santander, la Corogne présentent en gros les mêmes rythmes thermiques diurnes, caractérisés par l'existence de nuits relativement froides, (fig.3.37).

Toutefois, lorsque l'on analyse plus en détail les variations combinées de certains éléments atmosphériques : on constat



des nuances géographiques intéressantes.

- Les nuances géographiques du temps.  
-----

Du Pays Basque au Minho, l'évolution de l'état du ciel rappelle celle qui apparaît dans le cadre des anticyclones maritimes thermiques ; le temps devient nettement plus beau sur la Galice du S et le Portugal septentrional. Cependant, le temps est moins couvert et beaucoup moins pluvieux dans les régions vascocantabriques. Après le passage du front froid, les couches de stratus développées à la base de l'inversion de température, et bloquées sur le versant des cantabriques assombrissent encore le ciel et fournissent encore des pluies . Mais celles-ci ne sont que des "lloviznas" d'intensité plus faible que les pluies recueillies lors de l'installation des anticyclones peu épais.

Une autre différence régionale apparaît lors du stade final de ce type de temps lorsque le front chaud peu actif, annonçant l'arrivée d'un anticyclone maritime chaud, se déplace vers le N de la Péninsule. Il est également responsable d'un temps plus couvert et faiblement pluvieux sur les régions basques. Mais il devient inactif avec l'accentuation de l'enroulement vers le SO et l'O de l'air froid sousjacent. L'évolution dynamique de ce dernier, jointe à la subsidence de l'air chaud contribue à la dégénérescence du front chaud sur la Galice et le Minho. Ainsi à Vigo, à Porto, la fin de ce type de temps anticyclonique n'est marquée par aucun changement dans l'état du ciel, mais par un accroissement sensible de la température maximale qui souligne l'advection de l'air maritime chaud.

En revanche, ce dernier n'atteint pas les basses couches dans les régions basques. Bien plus, une nouvelle coulée polaire dirige sur l'Europe Centrale une perturbation de NO dont

l'extrémité occidentale du front froid encore actif déclenche un temps pluvieux sur les collines basques alors que la pression au niveau de la mer reste supérieure à 1030 mb. C'est que dans cette région, l'accentuation de la vallée froide sur l'Europe provoque en altitude, un courant de N rapide et un accroissement du tourbillon relatif, autant de conditions qui accentuent les contrastes régionaux.

2°) Anticyclone maritime associé à une perturbation de N.  
L'accentuation des oppositions régionales - Ex. 27-28  
février 1958.

A la fin de février 1958 et au début du mois de mars de la même année, le temps varie constamment d'un jour sur l'autre d'une région à une autre, dans le Nord-Ouest de la Péninsule Ibérique, malgré l'apparente homogénéité de la situation barométrique caractérisée par un anticyclone atlantique centré le plus souvent au Nord-Ouest de l'Espagne. Cet anticyclone océanique qui couvre toute la Péninsule Ibérique et l'Ouest de la France est ainsi alimenté par une masse d'air maritime froide. En fait, celle-ci provient de l'évolution d'une masse d'air d'origine arctique qui, le 26 février 1958, envahit la Péninsule Ibérique à l'arrière d'un front froid, lié à un courant perturbé de N. Cependant, cette masse d'air apparemment homogène, crée des états de l'atmosphère qui varient à l'intérieur du domaine océanique. La carte de la répartition des précipitations qui se produisent le 27 février après le passage du front froid, souligne les contrastes régionaux et l'originalité de la façade ouest-atlantique (fig.3.38b).

- Les nuances pluviométriques  
-----

A l'est de la vallée du rio EO, les régions vasco-cantabriques apparaissent très arrosées avec une augmentation régulière du volume pluviométrique en allant vers les Pyrénées

et d'abondantes chutes de neige sur les hauteurs. A l'Ouest de cette vallée, les précipitations se raréfient et se produisent seulement dans la Galice septentrionale. Des nuages à développement vertical dont la formation a été facilitée à l'arrière du front par des conditions d'instabilité convective, fournissent encore des précipitations appréciables sous forme de neige dans les régions montagneuses du Nord-Est de la Galice (Sierra de la Carba, et S. de Meira). Finalement, avec la désagrégation complète de la formation nuageuse qui comprend seulement quelques cirrus et cirrostratus peu étendus, les précipitations cessent au sud du Rio Tambre. Dans les régions méridionales de la Galice et dans le Minho, le soleil brille pendant toute la journée du 27 février; le solarigraphe de la station de Porto Serra do Pilar enregistre ainsi plus de 10 heures d'ensoleillement.

Cette répartition géographique des précipitations du Pays Basque à la Galice est liée à la variation de structures de l'anticyclone maritime qui apparaît à la lecture des cartes synoptiques et qui est confirmée par l'analyse des radiosondages effectués à la Corogne et à Bordeaux. Le 26, l'anticyclone d'air arctique évolué, peu humide est surmonté d'un courant froid et sec qui se déplace sur le versant occidental de la vallée froide. Cette stratification verticale de l'humidité relative remplit les conditions d'une instabilité convective qui est à l'origine des précipitations abondantes que reçoivent les versants montagneux exposés aux vents de NE. Le radiosondage du 27 met en évidence l'advection en altitude d'un air plus chaud, corrélative au déplacement vers l'est de la bordure de la crête anticyclonique. Aussi, bien que les couches atmosphériques au-dessous de 2000 m présentent encore un taux élevé de décroissance verticale de la température, les conditions de l'instabilité convective diminuent-elles fortement. Le mauvais temps pluvieux s'affaiblit lorsque le réchauffement en altitude est suffisant pour ralentir tout mouvement ascendant de grande ampleur. Vers le S,



cette évolution s'accroît selon les mêmes causes analysées dans la situation précédente ; l'étalement de l'air froid et l'advection en altitude de la racine de l'ondulation anticyclonique contribuent à développer le mouvement de subsidence qui entraîne le dégagement du ciel.

En revanche, dans les régions vascocantabriques se maintient un anticyclone maritime qui reste surmonté, le 27 février par le versant occidental de la vallée froide. Ces régions continuent à recevoir des pluies et de la neige (cf. San Sebastián dans l'après-midi), apportées par des masses nuageuses denses (Ns, Cb). Bien sûr sur les hauteurs, ces précipitations peuvent être considérées comme des précipitations orographiques, déclenchées par le soulèvement en bloc de la masse d'air arctique convectivement instable, mais la permanence d'une très forte nébulosité sur la bordure littorale (cf. Santander) laisse suggérer l'existence de discontinuités secondaires, internes à la masse d'air arctique.

Les variations de l'humidité s'accompagnent de variations thermiques.

Cette fois encore, il règne dans tout le domaine océanique un temps frais, entretenu par des vents à composante méridienne (3-4 m/s). Toutefois le froid est plus ou moins sensible et le rythme thermique diurne varie d'une région à l'autre.

A l'Est, sur la bordure littorale du golfe de Gascogne règne un froid humide aux variations thermiques peu contrastées, avec des amplitudes faibles de l'ordre de 2 à 4° ; à Santander pendant toute la journée du 27, le thermomètre oscille entre 6° et 8°. En Galice, les minimums thermiques sont nettement inférieurs aux normales et de fortes gelées se produisent dans les régions intérieures : - 5° à Lugo. Toutefois, les maximums sont plus élevés, encore que l'écart thermique reste modeste.

Or, cette amplitude thermique diurne s'accroît vers le S et dépasse  $10^{\circ}$  à Vigo et Porto. Ce début de continentalisation se marque dans la journée par une légère hausse des maximums ( $12^{\circ}$  à Vigo,  $13^{\circ}$  à Porto) qui s'accompagne d'une chute corrélative de l'humidité relative (minimum 55 % à Porto pour un maximum de 96). Mais également, l'augmentation de l'amplitude thermique diurne est due à une baisse de la température minimale qui s'accroît en allant vers le Minho et la Beira Mar .  $2^{\circ}$  à Vigo,  $1^{\circ}4$  à Porto -  $1^{\circ}3$  à Coïmbra. Ces variations thermiques sont en fait le résultat des variations des échanges radiatifs. La baisse du thermomètre à la fin de la nuit est d'autant plus forte que le maximum thermique de la journée est plus élevé <sup>(1)</sup> et que le ciel est plus clair.

Ainsi, paradoxalement, un anticyclone océanique froid alimenté par un courant méridien de Nord provoque des chutes de thermomètre de plus en plus marquées vers le S, sur la façade Ouest atlantique de la Péninsule Ibérique, compte tenu des facteurs topographiques et de la localisation par rapport à l'océan. Ces données thermiques se retrouvent également avec les types de temps anticyclonique à nuance continentale.

- B) ANTICYCLONES DYNAMIQUES A SITES CONTINENTAUX - TEMPS FROID  
-----  
ET ENSOLEILLE A NUANCE CONTINENTALE.  
-----

Des anticyclones épais dynamiques sont également responsables de l'apparition de types de temps froids, accompagnés de baisses de température relativement importantes pour ces régions océaniques : maximums inférieurs à  $10^{\circ}$  et minimums faibles au-dessous de  $3^{\circ}$  à  $2^{\circ}$ . Ces cellules de hautes pressions sont centrées sur l'Europe Occidentale et occupent des situations plus

-----  
(1) Si l'on tient compte du pouvoir émissif du "Corps Noir", qui est proportionnel à la quatrième puissance de la température absolue (formule de STEFAN).

continentales ; leurs noyaux se stabilisent également, soit sur l'Europe du NO (Iles Britanniques), soit sur l'Europe du SO (France, Golfe de Gascogne), soit enfin sur l'Europe centrale. Mais toujours, ces anticyclones sont épais, se prolongent dans les couches moyennes et supérieures de la troposphère par une ondulation anticyclonique du courant zonal; plus exactement, la partie de l'anticyclone limitée à l'Europe Occidentale correspond en altitude au flanc oriental de la crête anticyclonique. Aussi, les masses d'air atteignent-elles les régions océaniques de la Péninsule Ibérique par le NE et l'E. Ces situations anticycloniques facilitent l'arrivée des masses d'air pol. continental froid qui entretiennent des journées aux températures basses. Mais les masses d'air dirigées par ce type d'anticyclone ne sont pas toujours directement d'origine continentale. La structure de ces anticyclones dynamiques où dominent des mouvements atmosphériques descendants, expliquent des ciels peu nuageux qui sont la cause de perte de chaleur par rayonnement nocturne. Ce processus peut dès lors provoquer le refroidissement et la continentalisation de masses d'air d'origine maritime chaude qui reviennent sur la Péninsule Ibérique après avoir stagné sur le Nord-Ouest de l'Europe.

Ce type de temps froid ensoleillé se rattache donc à plusieurs types d'anticyclones correspondant à plusieurs formes d'alimentation en masse d'air.

1°) Anticyclone européen - alimentation froide polaire continentale. Dernière semaine de janvier 1963 (27-28 janvier 1963).

Depuis le 25 janvier 1963, une zone de Hautes Pressions s'étale sur toute l'Europe du NO, des Iles britanniques à l'Allemagne ; il correspond à la stabilisation d'une ample ondulation anticyclonique des courants d'ouest sur la façade de l'Europe.



Ainsi seule la partie occidentale de cette aire de Hautes Pressions est constituée par un anticyclone épais (fig.3.39). Le flanc oriental de cet anticyclone dynamique est alors alimenté par de l'air froid continental, dirigé sur la Péninsule Ibérique par une circulation méridienne N.

Dans l'ensemble du domaine océanique règne alors un temps froid, sec et ensoleillé, mais que des vents assez forts de NE à E rendent difficile à supporter.

Le 27-28 Jv 1963 par exemple, le froid s'installe du Pays Basque au Minho. Partout le 28, les températures minimales sont très basses :  $1^{\circ}$  à Santander,  $2^{\circ}$  à la Corogne. De plus, il gèle, non seulement dans l'intérieur de la Galice ( $-2^{\circ}$  à Labacolla) et sur les hauteurs du N du Portugal (Montalegre -  $4^{\circ}5$ ), mais encore en certains points proches du rivage -  $1^{\circ}$  à San Sebastián-Igueldo, -  $1^{\circ}9$  à la station de Porto Serra do Pilar. Toutefois, on retrouve quelques nuances géographiques qui ne sont pas sans rappeler celles qui apparaissent dans le cadre d'anticyclone maritime. Dans la journée, le temps est plus chaud et plus ensoleillé vers le S. Le ciel plus nuageux avec des Sc dans les régions asturiennes devient plus clair en Galice (insolation relative 60 % à la Corogne) et reste complètement dégagé dans la région de Porto où les maximums thermiques dépassent légèrement la normale alors que le thermomètre remonte à peine à  $8,9^{\circ}$  à Santander, Gijón et la Corogne.

Enfin, les baisses de l'humidité relative au cours de la journée (46 % à la Corogne 28% à Porto) confirment l'origine continentale de la masse d'air qui envahit ces régions.

De fait le 27 janvier, un air froid continental envahit tout le secteur oriental de l'anticyclone à l'arrière d'un front froid lié à une perturbation de N, traversant l'Europe

centrale (Y''''1 du BQE). Mais évoluant dans l'aire des hautes pressions, ce front est inactif et dégénère rapidement ; à peine s'il accroît momentanément la nébulosité dans les régions vascocantabriques, à peine s'il provoque quelque bruine à Santander dans la matinée, et de faibles chutes de neige sur les Picos de Europa. Car cette fois-ci et contrairement à ce qui se passe avec les autres types d'anticyclones, liés à une circulation méridienne N (anticyclone maritime thermique ou dynamique), les pluies ne continuent plus, le ciel ne reste plus nuageux après le passage du front dans les régions vascocantabriques.

La structure stable d'un anticyclone épais s'étend sur tout le domaine océanique. Cette structure est nettement soulignée par les radiosondages de la Corogne (fig.3.40). Dans la journée du 26, l'anticyclone est alimenté par un air d'origine maritime en voie de subsidence ( $\theta'w = 5^\circ$ , mais  $\theta'ws = 13^\circ$  à 500 m d'altitude) qui subit un refroidissement par rayonnement à l'origine de l'inversion de température du début de la nuit du 27. Ensuite, dans l'après-midi du 27 et la journée du 28, l'inversion de température qui apparaît à une altitude plus élevée est due à l'advection d'une masse d'air continental ( $\theta'w = 2^\circ$ ,  $\theta'ws = 6^\circ$ ) dans les basses couches de l'atmosphère, au-dessous de 1000 m<sup>(2)</sup>. Mais cet air froid qui s'étale est surmonté par de l'air chaud de plus en plus subsident, de sorte que les mouvements descendants dominant sur toute l'épaisseur de l'atmosphère. Ces derniers empêchent le développement des formations nuageuses épaisses ; la discontinuité frontale se marque par quelques St et Cc, localisés sur la façade N et qui disparaissent vers le S en direction du Minho, avec l'accentuation de ces mouvements descendants. Car la masse d'air Pc qui continue à s'étaler, à s'affaïsser vers le S ne forme plus qu'une

---

(2) Ces caractéristiques hygrothermiques sont celles retenues pour définir la masse d'air Pol. Cont. pour les régions méditerranéennes, d'après Weather in mediterranean (741b) p. 23.

mince pellicule. Ainsi le N de la Péninsule Ibérique se situe en fin de parcours de l'air polaire continental qui l'atteint à peine, comme l'a montré J. BLÜTHGEN <sup>(3)</sup>.

En réalité, le plus souvent les aspects continentaux des types de temps anticycloniques proviennent d'une continentalisation de l'air polaire maritime, selon une évolution qui est facilitée par l'installation d'une vaste dorsale anticyclonique.

2°) Dorsale anticyclonique - Alimentation d'air polaire maritime continentalisé - 12-15 Janvier 1961.

V. MASACHS ALAVEDRA a déjà étudié les effets climatiques en hiver, de la situation barométrique désignée généralement sous le nom de dorsale anticyclonique qui s'étend de l'Océan Atlantique à l'Europe Centrale. L'auteur espagnol a montré que cette situation contribue à l'apparition d'un type de temps hivernal froid et sec <sup>(4)</sup>.

- Type de temps froid et sec  
-----

De fait, les températures restent basses, inférieures aux normales dans toutes les régions océaniques, pendant la période du 12 au 15 janvier 1961, qui est marquée par l'extension de ce type de situation synoptique. Dans la plupart des stations, littorales ou intérieures, les températures maximales se situent entre 8° et 11°. L'amplitude thermique diurne dépasse généralement 7 à 8°, car les minimums sont fort bas. Après être restés au-dessus de 5° pendant la première décade de janvier,

-----

(3) J. BLÜTHGEN ( 75 ) p. 356. Etude de l'irruption de l'air froid continental en Europe occidentale le 11/2/1932.

(4) V. MASACHS ALAVEDRA ( 428 ) p. 43-44. Analyse de la situation du 10 janvier 1949.



les minimums baissent brutalement au cours de la nuit du 12 au 13 et se maintiennent entre  $1^{\circ}$  et  $3^{\circ}$  dans les régions littorales. A l'intérieur, où l'influence directe adoucissante de l'océan ne se fait plus sentir, les gelées sont fréquentes ; à Santiago Labacolla, le thermomètre enregistre des températures voisines de  $0^{\circ}$  et descend à  $-2^{\circ}$  durant la nuit du 12 au 13. Comme dans le type de temps précédent, les températures de la journée sont un peu plus élevées à Porto, avec des valeurs qui dépassent  $12^{\circ}$  et atteignent même  $14^{\circ}2$  le 14 janvier, mais en revanche, les minimums y sont plus accusés qu'à La Corogne, puisque le 12 et le 14 le thermomètre descend au-dessous de  $0^{\circ}$ .

- Les variations régionales.

Le fait géographique remarquable réside dans l'accentuation du caractère continental en allant du Pays Basque au Minho. Les graphiques comparés des variations des régimes thermiques et de la nébulosité mettent bien en évidence cette évolution (fig 3.40). L'origine maritime froide de l'air qui aborde par N-NE le fond du golfe de Gascogne, est attestée par des températures basses, et des amplitudes diurnes très faibles.

Tout se passe comme, si la masse d'air qui traverse en diagonale le NO montagneux océanique prend les caractères d'une masse d'air plus continentale. Or, il est certain que la couche d'air froid qui doit s'accumuler au-dessus des massifs recouverts d'une couverture neigeuse, contribue à alimenter les températures basses nocturnes. On n'a pas de renseignements détaillés, sur les trajectoires suivies par l'air froid des basses couches de l'atmosphère, en fonction des accidents du relief, mais l'on peut admettre que la circulation synoptique qui n'entretient pas de courants rapides, favorise l'écoulement de l'air froid vers les régions basses : les vallées intérieures ou les régions littorales hordées de chaînes élevées. Des hauteurs vers les

régions déprimées il doit s'établir en effet des vents catabatiques qui accentuent la baisse des minimums thermiques.

Lorsque l'on analyse de plus près les régions thermiques et le régime des vents à Gijon et à Porto, on est frappé par le fait que les températures les plus basses coïncident avec des vents venus de l'intérieur ; quotidiennement, aux aurores froides le vent souffle du S SO sur la côte des Asturies, de l'E et de l'E-SE sur le littoral du Minho.

Cependant, ces faits géographiques locaux sont en définitive favorisés par des ciels plus clairs qui accentuent le refroidissement par rayonnement nocturne. Or, les variations de la nébulosité et par suite des bilans radiatifs trouvent encore leur origine dans les conditions dynamiques déjà analysées pour les autres situations anticycloniques à caractère continental.

- L'accentuation de la stabilité vers l'O.  
-----

La carte contour à 500 mb (fig.3.39) montre que la Galice et le Minho sont plus proches de l'axe de la crête d'air chaud qui s'allonge en arc de cercle de Madère à l'Allemagne, alors que le Pays Basque est situé à la limite de la goutte froide centrée sur l'Afrique du Nord. Ainsi les conditions dynamiques sont plus favorables à une forte stabilité de l'atmosphère sur la façade atlantique. De fait, les radiosondages à La Corogne nous confirment l'évolution de la structure de l'atmosphère entre le 12 et 14 janvier. Le premier jour au-dessous de 1500 m, l'air froid maritime commence à s'affaïsser sous l'air chaud de l'ondulation anticyclonique. Le déplacement de cette dernière vers l'est accentue l'advection de l'air chaud ( $\theta'_w = 15^\circ$  à  $16^\circ$ ) en altitude et l'accroissement

de la subsidence qui en résulte, entraîne l'assèchement et donc la continentalisation de l'air froid inférieur.

Il faut une nouvelle offensive de l'air froid venu du NE en altitude pour interrompre l'évolution de ce type de temps.

L'accroissement des amplitudes thermiques diurnes en fonction de bilan radiatif se retrouve d'ailleurs pendant les belles journées dues aux anticyclones subtropicaux, alimentés par l'air maritime chaud.



## IIc - LES BELLES JOURNEES ANTICYCLONIQUES. ANTICYCLONES DYNAMIQUES

### A ALIMENTATION CHAUDE.

En Europe Occidentale, on relie communément, l'apparition d'une belle journée hivernale ensoleillée et tiède à l'extension des Hautes Pressions subtropicales, de l'anticyclone des Açores.

De fait, l'installation d'une cellule anticyclonique océanique alimentée par de l'air chaud maritime est souvent responsable d'un type de temps agréable caractérisé par un ciel peu nuageux et des températures supérieures aux normales. Cette aire de Hautes Pressions subtropicales en circulation zonale est liée au déplacement, de l'Atlantique à la Méditerranée, d'une crête d'air chaud de faible amplitude du courant d'O. Pendant une période relativement courte qui ne dépasse jamais trois jours, s'établit un anticyclone migrateur dynamique d'air maritime chaud (polaire, maritime chaud ou mélange de tropical maritime et d'air polaire maritime chaud) dont le centre se déplace dans la zone comprise entre les parallèles 40° et 45° de latitude N.

Cependant, les plus belles journées ensoleillées aux températures élevées sont en rapport avec le développement des cellules anticycloniques dont les noyaux plus stables sont situés sur la bordure occidentale du continent européen. Cette fois centrées au Nord et à l'Est de la façade atlantique ibérique, ces situations barométriques sont similaires à celles des types de temps anticycloniques à caractères continentaux froids et secs. Mais, ces nouveaux états de l'atmosphère qui règnent dans le domaine océanique sont marqués par l'arrivée de masses d'air maritime souvent chaud (tropical ou polaire)

dont l'advection vers le Nord-Ouest est provoquée par le développement en altitude d'une puissante crête d'air chaud, axée sur le fuseau méridien Méditerranée-Mer du Nord.

- A) TYPES DE TEMPS ANTICYCLONIQUES DOUX ET ENSOLEILLÉS -

-----  
Alimentation Polaire maritime chaud.  
-----

1°) Les belles journées ensoleillées avec l'anticyclone océanique à l'O de la Péninsule Ibérique. Situation du 20-22 Janvier 1954.

Une zone de hautes pressions s'étend de la façade atlantique américaine à l'Europe entre les parallèles 20° et 45°. De structure complexe, elle est constituée de plusieurs masses d'air séparées par des fronts froids. C'est seulement sur la façade européenne qu'un noyau anticyclonique formé d'une masse d'air maritime chaud correspond à la définition de l'anticyclone des Açores. En effet, cette cellule de hautes pressions centrée à l'Ouest du Portugal est surmontée en altitude par une ondulation anticyclonique du courant zonal rapide (- 15°).

C'est donc un anticyclone épais qui couvre l'Europe du Sud-Ouest du 20 au 22 janvier en déplaçant son centre de l'Atlantique au Golfe de Gascogne. Le NO de la Péninsule connaît alors de belles journées ensoleillées, clémentes avec des brises faibles de ONO à SO. A Santander, à la Corogne comme à Porto, les maximums thermiques dépassent les normales ; le 20, les stations enregistrent même le maximum absolu du mois (fig.3.41). Les températures maximales sont moins élevées dans l'intérieur où elles restent cependant supérieures à la moyenne mensuelle : 11° à Lugo, 8°7 à Montalègre, station située à 1000 m d'altitude. Si le matin du 20, des cirrostratus couvrent la moitié du ciel dans les Asturies et le N de

la Galice, partout ailleurs le soleil brille toute la journée et le 21 le ciel est complètement dégagé sur tout l'O et le N de la Péninsule Ibérique. En particulier, à Porto le rapport d'insolation dépasse 90 %, et la radiation globale mesurée atteint 250 cal/cm<sup>2</sup>. Aussi, pendant l'après-midi l'humidité relative baisse-t-elle fortement puisque l'hygromètre enregistre des minimums de l'ordre de 55 %.

Aussi, ce ciel facilite-t-il le rayonnement nocturne, la déperdition de chaleur est telle que le thermomètre enregistre des minimums relativement bas : inférieurs à 6° à Santander et à La Corogne, inférieurs même à 2 ° à Porto. Bien plus, des gelées se produisent dans l'intérieur, dans les bassins isolés, comme le prouvent les données fournies par la station de Rozas-Lugo qui enregistre - 2° le 21 au matin. Ainsi, la valeur de l'amplitude thermique diurne relativement élevée pour des régions océaniques atteint et dépasse parfois l'ordre de grandeur des amplitudes observées pendant des types de temps à caractère plus continental en hiver<sup>(1)</sup>. Car, lors d'une journée ensoleillée créée par l'installation d'un anticyclone d'air maritime chaud, le sol s'échauffe beaucoup plus et selon le pouvoir émissif du corps noir, le rayonnement nocturne est plus intense que pendant l'apparition de ce dernier type de temps. Cette forte baisse de la température entraîne un accroissement de l'humidité relative dans les basses couches de la masse d'air d'origine maritime. Au début de la matinée les valeurs de l'humidité relative atteignent 100 %. Dans les fonds de vallées, des régions intérieures plus froides des brouillards locaux se forment, mais se dissipent rapidement.

---

(1) Cf. supra p.711.



Le beau temps doux généralisé est lié à la présence d'un air polaire maritime chaud si l'on tient compte des analyses des radiosondages effectués au point K. Mais surtout, le dégagement du ciel est dû à la subsidence développée dans l'axe de l'ondulation anticyclonique de la moyenne troposphère qui passe au-dessus du méridien du point K, le 19, traverse le 20 et le 21 le N de la Péninsule Ibérique. Par analogie à ce qui se passe plus à l'O sur l'Atlantique, (fig. 3-41) la subsidence entraîne le réchauffement et l'assèchement de l'atmosphère entre 500 et 2000 m et par voie de conséquence le dégagement du ciel.

Ainsi, il semble bien que les deux plus belles journées soient dues essentiellement au passage sur la région du centre de l'anticyclone maritime chaud migrateur. La Bretagne située pourtant dans l'aire d'extension de la cellule anticyclonique chaud ne connaît pas cet état de l'atmosphère. La presqu'île est continuellement recouverte d'un stratus bas qui fournit des faibles pluies de style crachin sur la pointe occidentale du Finistère. Dans les limites de cette situation synoptique le temps est donc loin d'être homogène et pour une même région, cet anticyclone maritime à alimentation chaude n'est pas régulièrement responsable d'un beau temps ensoleillé.

Les variations régionales à l'intérieur du domaine océanique ibérique sont encore plus sensibles lorsque l'anticyclone océanique à alimentation chaude est centré sur le Golfe de Gascogne, entre la Galice et l'Irlande et qu'il dirige sur la Péninsule des vents E. NE.

2°) Anticyclone océanique sur le Golfe de Gascogne - vent d'E -  
Ex. 27-28 Jv 1962 - Les contrastes régionaux : temps très  
ensoleillé en Galice et Minho - temps frais et couvert  
dans les régions vascocantabriques.

Après l'installation au début de la troisième

décade d'anticyclones océaniques frais et humides<sup>(2)</sup>, une cellule de hautes pressions se stabilise du 26 au 28 sur le Golfe de Gascogne et le NO de l'Europe. Cet anticyclone épais est surmonté par une crête d'air chaud dont l'axe passe au-dessus de la Galice. Selon la carte synoptique, il semble être une unité atmosphérique homogène constituée par de l'air maritime chaud qui est séparé par un front d'une dorsale barométrique froide s'étendant sur la Mer du N et la Scandinavie.

Malgré l'homogénéité apparente de cette situation le temps prend des aspects fort différents à l'intérieur du domaine océanique (fig. 3.42a).

a) Les variations régionales du temps.

A l'O sur la Galice et le N du Portugal, le ciel reste clair malgré quelques cirrus dispersés et l'apparition de cumulus de beau temps qui font légèrement baisser la fraction d'insolation le 27 : 83 % à La Corogne, 77 % à Porto. D'autre part, la nature de la masse d'air maritime chaud est à l'origine des températures clémentes. Cependant bien que la structure massique de l'anticyclone semble être homogène les caractères thermiques varient du N au S. Ainsi, les températures enregistrées à La Corogne ne sont guère excessives : si, le maximum thermique atteint le 27 janvier 15°6, il ne dépasse pas 14°2 les jours suivants, et le thermomètre indique des minimums qui se situent entre 5°6 et 7°. Bien plus, dans les régions intérieures, la journée du 28 devient fraîche, comme le soulignent les températures à l'aérodrome de Lugo (242 m d'altitude) : maximum 12°6, minimum 4°4.

---

(2) Cf. supra p.688.

En revanche, dans le Minho, les journées sont plus chaudes pour la saison, des températures atteintes sont très élevées à Porto qui connaît en revanche des baisses nocturnes de température plus accentuées (minimum entre 3° et 5°) en raison, toujours du rayonnement plus intense à partir d'un sol plus réchauffé le jour. Même, sur les hauteurs, les températures sont relativement fortes. Montalegre enregistre le record thermique du mois avec 12°4 le 27, soit près de deux fois la moyenne mensuelle des maximums (6°4)! Les minimums de cette station de montagne ne descendent guère beaucoup plus bas que ceux des stations littorales : 4°C le 27 au lieu de 5° à Porto. Du rythme thermique diurne de cette station de montagne on peut retenir deux caractères concernant ce type de temps. D'abord des inversions de température doivent se produire dans les vallées encaissées des massifs du Minho, et dans le bassin de Limia au SE de la Galice. De fait, dans cette région déprimée, à la station de Ginzo (altitude 600 m) le minimum absolu du mois, - 5° est atteint dans la nuit du 29 au 30 alors que le minimum thermique pendant la même nuit n'est pas inférieur à 0,3 à Montalegre. Ensuite, l'amplitude thermique diurne s'atténue avec l'altitude, les versants élevés connaissent un affaiblissement du caractère continental.

Surtout, l'ambiance atmosphérique présente des aspects très différents dans les régions littorales vascocantabriques. Ici, bien que la situation synoptique présente les mêmes données, du moins en apparence, il règne un temps maussade nuageux et frais, comme le confirment la forte nébulosité et les températures maximales, inférieures aux normales aussi bien à Santander qu'à Gijón.

b) Une structure anticyclonique complexe.

Ce temps très nuageux semble au premier abord lié à une discontinuité à l'intérieur de la cellule anticyclonique.



Cette discontinuité peut être due à la conservation de l'air froid antérieur dans les basses couches de l'atmosphère. Celui-ci "piégé" dans le fond du Golfe de Gascogne a été simplement recouvert par l'air plus chaud qui a glissé au-dessus de cette pellicule froide après avoir franchi la barrière montagneuse des Asturies.

Le radiosondage de La Corogne du 26 suggère cette hypothèse. Alors que la carte synoptique signale l'arrivée du front chaud sur le centre de la France, il existe une inversion de température au-dessus de La Corogne qui semble bien être le résultat de la superposition de deux masses différentes : au-dessous de 1000 m, une masse d'air maritime froid ( $\theta'w = 7^\circ$  à  $8^\circ$ ), au-dessus de 1000 m une masse d'air plus chaud ( $\theta'w = 10^\circ$  à  $11^\circ$ ). puis l'air froid inférieur disparaît soit entraîné vers l'E par la circulation générale, soit réchauffé sous l'effet de la subsidence anticyclonique. On peut donc concevoir que cette discontinuité se maintient plus longtemps sur le versant des Cantabriques, entretenant un voile de stratus bas.

Mais alors, pourquoi cette discontinuité correspond-elle à un temps beaucoup plus clair dès le 26 en Galice septentrionale ? D'autre part pourquoi dès le 28 l'inversion de température réapparaît au-dessus de cette région ? On ne peut invoquer l'arrivée du front froid qui envahit l'Europe occidentale à la suite d'une évolution vers une circulation méridienne N, entraînant l'extension vers le S d'une cellule anticyclonique froide. En effet, ce front froid, venu du NE n'a pas encore atteint le Bassin d'Aquitaine le 28 à 18 h alors que le radiosondage de La Corogne a été effectué le 28 à 12 h.

Il faut donc tenir compte également des transformations thermodynamiques qui se développent à l'intérieur même de la cellule d'air polaire maritime relativement chaud. Cet air, par suite de la circulation à la périphérie orientale

de l'anticyclone décrit un arc de cercle dans le sens inverse des aiguilles d'une montre et par suite s'écoule sur la partie occidentale du continent avant d'atteindre le Golfe de Gascogne. Au cours de ce périple ces basses couches se refroidissent au contact du continent. Il s'établit ainsi une stratification à l'intérieur de la masse d'air apparemment homogène au-dessous de 500 à 1000 m une couche plus froide et plus humide, au-dessus de 1000 m de l'air chaud en voie de subsidence. Ce contraste thermique (cf. radiosondage à La Corogne fig 3.42c) tend à s'accroître avec l'advection continue de l'air refroidi venu de l'Est et l'augmentation de la température des couches moyennes en voie d'affaiblissement, car le transfert d'énergie se fait difficilement du haut vers le bas lorsque la turbulence est faible<sup>(3)</sup>.

Le voile de stratus se maintient au N des Cantabriques parce que des mouvements de convergence apparaissent dans l'air refroidi des basses couches dévié vers l'O par la chaîne montagneuse. D'autre part, les vents d'E permanents entretiennent un courant maritime le long des côtes des Asturies Occidentales et de la Galice septentrionale jusqu'au cap de Vares. Or ce courant de surface Est-Ouest a pour conséquence d'accumuler l'eau froide sur sa gauche, le long de ces rivages et ainsi d'accroître les contrastes thermiques entre les différentes couches de l'atmosphère. En revanche, à partir de la Galice du NO ce flux inférieur frais diverge et s'étale après avoir contourné les obstacles topographiques. Dès lors, la couche nuageuse disparaît, la conjonction de la subsidence anticyclonique et de l'étalement de l'air dans les basses couches explique ce temps chaud et clair qui s'installe définitivement dans la Galice et le Minho.

Ce sont encore ces facteurs dynamiques qui contribuent à maintenir la même ambiance atmosphérique dans ces

---

(3) X... ( 739 ) p. 18.

régions malgré l'advection de l'air froid qui, à partir du 29, caractérise l'installation d'un anticyclone, lié au développement de la circulation méridienne N. Tandis que cette advection est encore responsable dans les régions vascocantabriques d'un type de temps frais mais paradoxalement clair, puisque l'inversion thermique dans la basse troposphère tend à disparaître à l'intérieur d'un air froid continental plus turbulent.

Déjà, ce type de temps anticyclonique est lié à une circulation plus lente, plus méridienne. L'accroissement de l'amplitude de l'ondulation anticyclonique, sur la façade atlantique de l'Europe développe, d'un point à l'autre du domaine océanique, des conditions différentes de circulation dans la moyenne troposphère. La Galice et le Minho sont situés à proximité de l'axe de la dorsale anticyclonique planétaire où la subsidence atteint son maximum. Par contre le fond du Golfe de Gascogne, plus éloigné de cet axe, est soumis directement à une circulation de N qui provoque l'advection de l'air chaud refroidi à la base. Ensuite les conditions géographiques (déviation par le relief, courant littoral froid) accentuent ces variations régionales.

Ces conditions générales atmosphériques, se retrouvent encore lorsque un anticyclone alimenté par l'air maritime chaud se stabilise sur les Iles Britanniques.

3°) Beau temps à caractère continental plus marqué lié à un anticyclone stable sur les Iles Britanniques. Ex. 16-18 mars 1966.

Un puissant anticyclone dont le centre se stabilise pendant plusieurs jours au milieu du mois de mars 1966, sur le Sud-Ouest des Iles Britanniques, s'étend de l'Islande, ou de



la Scandinavie au Maroc. Il dirige des vents d'E-NE sur l'ensemble du N de la péninsule. Cette situation barométrique au sol rappelle quelque peu celle des anticyclones océaniques épais installés sur la façade ouest ou nord-ouest de l'Europe, et alimentés par de l'air froid en circulation méridienne N.

Mais cette fois, l'ambiance atmosphérique est nettement différente quoiqu'elle varie assez fortement d'une région à l'autre.

C'est d'abord un temps chaud et ensoleillé dans la partie occidentale du domaine océanique.

Du 16 au 18 mars le soleil brille sans interruption sur la Galice (fig. 3.42a). Pendant ces trois jours, les températures maximales dépassent largement les normales à La Corogne et surtout dans les Rías Bajas où le thermomètre atteint 24° à Vigo. De même, en cette fin de saison les températures sont très élevées sur les plateaux intérieurs de la Galice Occidentale ; à Santiago Labacolla, les maximums thermiques oscillent entre 21 et 23° ! Ainsi, avec cette situation synoptique le printemps s'installe dans l'ensemble de la Galice et du Minho. Cependant, les nuits restent encore fraîches par suite du fort rayonnement nocturne, et le rythme thermique présente un aspect continental, avec une amplitude diurne qui dépasse largement 10° le long des régions littorales. D'ailleurs dans les Rías Bajas à ce rythme des températures correspond un rythme diurne des vents. L'élévation de la température au cours de la journée est suffisamment forte pour provoquer dans la ría de Vigo un renversement des vents au cours de la journée. Le remplacement des vents de secteur E liés à la circulation générale, par des vents d'O au cours de l'après-midi coïncide à chaque fois avec le maximum thermique à Vigo. La répétition de ce fait pendant

ces trois jours confirme ainsi la formation d'une brise de mer qui constitue une donnée presque constante du temps en périodes anticycloniques d'été.

Toutefois vers l'E, l'ambiance atmosphérique varie. Le ciel reste encore clair le plus souvent, mais les températures sont beaucoup moins élevées. Déjà dans les régions isolées de la Galice Orientale, le caractère continental s'accroît ; à Otero de Rey dans le bassin de Lugo les maximums varient entre 15° et 19°, mais les baisses des minimums sont nettement plus sensibles puisqu'il gèle encore le 16 et le 17.

Surtout, le temps est plus frais et plus océanique dans les régions vascocantabriques et plus exactement sur tout le littoral septentrional de l'Espagne, du Cap Vares au fond du Golfe de Gascogne. Les régimes diurnes thermiques de différentes stations réparties le long de cette côte sont effectivement fort différents. Cette fois les maximums sont loin de dépasser les normales et les minimums thermiques sont nettement inférieurs à ceux des stations côtières de la Galice. De plus, si le ciel reste clair les deux premiers jours, en revanche il se couvre de stratus pendant la journée du 18.

En réalité malgré une situation synoptique quelque peu différente, ces variations régionales rappellent celles apparues avec un anticyclone centré sur le Golfe de Gascogne. Les mêmes rapports entre les éléments de la circulation atmosphérique et les données géographiques produisent les mêmes effets. Les régions vascocantabriques sont encore cette fois dans le secteur SE de l'anticyclone et reçoivent plus directement un flux de N-NE qui entraîne l'advection d'un air polaire maritime chaud dont les couches inférieures se sont refroidies lors du déplacement autour du centre de

l'anticyclone par le N et l'E. De plus, sur cette bordure orientale de l'anticyclone, la subsidence n'est pas encore assez forte pour effacer complètement les extrémités des fronts froids des perturbations de N qui déferlent sur l'Europe centrale, de sorte que, si ces discontinuités sont peu actives, elles sont cependant capables d'entretenir un temps nuageux, comme celui du 18 mars.

En revanche, la Galice est située dans l'axe de la crête planétaire où l'atmosphère est soumise à une forte subsidence qui entraîne l'affaissement de la masse d'air. Dans les basses couches entre 600 et 1000 m, celle-ci s'échauffe et s'assèche fortement, à un tel point qu'aucune condensation ne puisse se développer même au niveau de l'inversion de température. En fait, celle-ci se situe au contact d'une couche inférieure de faible épaisseur qui est caractérisée par un fort gradient thermique vertical et qui représente "la couche limite voisine du sol, toujours affectée par la turbulence de frottement"<sup>(4)</sup>. C'est qu'à l'O du Cap Vares, l'étalement de l'air imposé par les conditions géographiques vient s'ajouter à la divergence anticyclonique pour faire disparaître les couches inférieures refroidies qui s'écoulent le long des côtes Asturiennes.

Ainsi en définitive, l'ambiance atmosphérique qui règne sur une région du domaine océanique ne dépend pas seulement de la position de l'anticyclone et de la nature de son alimentation, mais encore de la forme de circulation qui règne dans la moyenne troposphère. Les oppositions régionales tendent à s'estomper, et le temps chaud se généralise lorsque tout le domaine océanique est placé sur la face occidentale de la crête anticyclonique planétaire.

---

(4) G. DADY, (140 ), p. 141.



- B) LES TYPES DE TEMPS ANTICYCLONIQUES CHAUDS : E - SE

-----

Les caractères hygrothermiques du beau temps et sa durée dépendent en effet de l'amplitude et de la position de l'ondulation anticyclonique dont les fluctuations modifient quelque peu la localisation de l'anticyclone au sol, l'origine et l'évolution de l'air chaud.

1°) Types de temps chauds liés à des anticyclones continentaux européens. ES.

Sur le NO de la Péninsule Ibérique, le temps chaud hivernal, avec maximum thermique élevé se produit également avec un anticyclone européen réputé responsable de grands froids clairs. P. PEDELABORDE : a déjà montré, pour le Bassin Parisien, que l'anticyclone à situation continentale, centré sur l'Europe, peut être capable d'entretenir un temps chaud en hiver, lorsque "l'affaissement de l'air est dû à une ondulation anticyclone à longue période"<sup>(5)</sup>.

Comme dans le type précédent, l'extension de l'anticyclone européen, est liée au développement d'une crête planétaire qui se stabilise pendant plusieurs jours sur l'Europe occidentale. En fait, le domaine océanique est situé dans le secteur Sud-Ouest de la cellule anticyclonique d'air chaud. De sorte que ces régions atlantiques reçoivent directement un flux d'air de S- SE qui est formé : soit d'air maritime chaud mélangé parfois à de l'air méditerranéen qui provient d'une transformation rapide de l'air polaire continental au contact de la surface chaude de la Mer<sup>(6)</sup>, soit, mais très rarement, d'air tropical continentalisé. Ces masses d'air se stabilisent par affaissement sous l'effet de la subsidence développée au voisinage de la dorsale anticyclonique.

-----  
(5) P. PEDELABORDE (512), p. 229.

(6) Weather in mediterranean, (741b), p. 9.

a) Types de temps assez chauds. Anticyclone européen avec alimentation maritime.

Dans la première semaine de Janvier 1964 un type de temps assez chaud, calme, est lié à une telle situation dynamique : au sol, anticyclone centré sur la Pologne, dans la moyenne troposphère retombée occidentale de la crête chaude planétaire (fig. 3.42a). L'analyse du radiosondage de La Corogne, le 3 janvier 1964, confirme l'existence d'un flux de SE d'air maritime chaud mélangé peut-être avec de l'air d'origine méditerranéenne : à 700 mb  $\theta_w$  se rapproche de  $\theta_w$  moyenne de l'air méditerranéen au même niveau<sup>(7)</sup>. Cette stratification explique que le ciel est en partie couvert en Galice par des voiles de nuages moyens (Ac) et supérieurs (Cs).

Toutefois, le temps est particulièrement doux et même chaud pour la saison. Du Pays Basque à la Galice, les températures maximales et minimales sont supérieures aux normales (fig. 3.42b). Seules les régions littorales du Minho enregistrent des températures médiocres bien que le ciel reste relativement clair. Faute de radiosondage et de renseignement plus précis de l'écoulement de l'air au voisinage du sol, il est difficile d'interpréter les causes de cette nuance régionale : glissement des basses couches, refroidies au contact des hauteurs et des hauts plateaux intérieurs, accumulation d'eau encore plus froide à la surface de l'Océan sous l'influence de vents E-SE permanents ?

Toujours est-il que le lendemain 4, les températures très élevées ne se maintiennent pas. Pourtant, le radiosondage souligne la permanence d'un flux chaud subsident de SE. Mais dans les très basses couches de l'atmosphère, l'air se refroidit brusquement. Cette inversion de température n'est pas directement en relation avec la perte de chaleur par rayonnement nocturne puisque le sondage a été effectué à 12,00h.

Au contact de l'océan froid, le refroidissement à la base de cet air chaud chargé d'humidité est propice à la formation de stratus et de brumes littorales. Car, dans l'intérieur, sur les régions montagneuses, le ciel reste plus clair et la température augmente fortement le 4. Ainsi à Montalegre le thermomètre monte à 11°5 alors que la veille, il n'avait pas dépassé 7° et l'insolation relative, 54%, y est nettement plus élevée que dans les régions basses.

Malgré les variations, les nuances locales de l'ambiance atmosphérique qui nécessiteraient une analyse plus fine, il n'en reste pas moins vrai qu'un anticyclone européen continental, associé au flanc ouest d'une grande ondulation anticyclonique planétaire, stable, est le plus souvent responsable d'un temps sec et chaud qui peut durer de 2 à 7 jours consécutifs.

b) Type de temps très chaud lié à anticyclone continental à alimentation tropicale - 27-30 Mars 1965.

L'apparition de cette situation pendant le mois de mars marque définitivement la fin de l'hiver et donne naissance à des journées très chaudes qui annoncent la belle saison. Des véritables chaleurs estivales sont enregistrées à la fin du mois de mars 1965 alors qu'une puissante cellule anticyclonique se stabilise sur la France et le NO de l'Europe Centrale.

Dans tout le domaine océanique, il règne un temps très chaud et ensoleillé. Le 29 et le 30 du Minho au Pays Basque, les températures maximales atteignent des records dépassant de 10 à 11° les normales du mois de mars. Même, les minimums restent élevés le long du littoral, malgré un rayonnement nocturne facilité par un ciel clair qui est encore responsable d'une forte amplitude diurne.



Toutefois, ce type de temps très chaud apparaît plus tardivement dans le Pays Basque où il éclate dans la nuit du 29 seulement. C'est que l'on retrouve encore l'influence de la circulation dans la moyenne troposphère. Du 27 au 28, après une évolution vers une circulation méridienne, la crête d'air chaud qui dessine un  $\Omega$  est axée encore sur le Golfe de Gascogne. Dès lors, la Galice et le Minho sont situés sur la bordure occidentale de cette ondulation planétaire tandis que, au-dessus du Pays Basque, se maintient un flux de NE alimenté par un air polaire continentalisé. Mais lorsque l'axe de la cellule anticyclonique, après s'être déplacée lentement vers l'est, vient se stabiliser sur la France, tout le N de la péninsule Ibérique est sous l'influence d'une circulation méridienne S. Celle-ci facilite l'advection d'air tropical qui, s'affaissant dans le secteur occidental de la cellule anticyclonique, provoque un temps très chaud et sec, avec des taux d'humidité relative extrêmement faible. Cet air chaud fait ainsi irruption sur le littoral vasco-cantabrique après avoir surmonté la chaîne cantabrique et chassé l'air plus froid antérieur. Toutefois bien que la montée de la température soit brutale sur ce littoral, il ne produit pas de phénomène de foehn. Les faibles écarts qui séparent les températures maximales de Santander et de Reinosa s'expliquent simplement par le réchauffement adiabatique au cours de la descente.

Mais de telles journées torrides au mois de mars qui, dans les régions océaniques des latitudes moyennes, représente encore "la queue de l'hiver", peuvent-elles s'expliquer simplement par l'affaissement d'un air chaud maritime en voie de stabilisation à l'intérieur d'une cellule anticyclonique ? Ce type de temps très chaud n'est-il pas dû à l'advection directe d'une masse d'origine tropicale venue d'Afrique du Nord ?

La crête chaude de grande amplitude axée sur le méridien de Greenwich, du Sahara occidental à la Mer du Nord, favorise un tel déplacement sur la Péninsule Ibérique. D'autre part, les renseignements fournis par les radiosondages montrent bien l'arrivée sur le Nord-Ouest de l'Espagne d'un air chaud tropical à caractère continental. Si le 29, les basses couches de l'atmosphère entre 500 et 3 000m, semblent être alimentées par un courant chaud de Sud-Ouest atlantique, en revanche le flux de Sud-Est s'impose définitivement au-dessus de 4000 m. En fait, même dans ces basses couches de la troposphère, la masse d'air est caractérisée par une forte température pseudoadiabatique potentielle du thermomètre mouillé, et par un rapport de mélange relativement faible :  $14^{\circ}$  et 4 g environ au niveau isobarique de 850 mb. Bien plus, le lendemain, le mixing ratio diminue pour atteindre 2,2 g. Ainsi, la masse d'air au-dessus de la Corogne, comme au-dessus de Madrid, se définit par des traits hygrothermiques qui se rapprochent fortement de ceux retenus par les météorologistes britanniques pour caractériser la masse d'air tropical continental originaire d'Afrique<sup>(9)</sup>.

## 2°) Les types de temps chauds lourds - Anticyclones ibéro-méditerranéen.

Les advections d'air chaud sont également dirigées par des cellules de hautes pressions qui s'étalent sur la Péninsule Ibérique et la Méditerranée Occidentale. Placées sous le flanc O des ondulations anticycloniques planétaires, elles dirigent un flux de S.E à SSE alimenté par l'air trop maritime et parfois, mais beaucoup plus rarement, par de l'air tropical Saharien.

-----

(8) op. cit. p. 23-24.

(9) A. HUETZ DE LEMPS ( 317 ) p. 55-58.

Les données thermiques de ces types de temps sont quelque peu semblables à ceux liés à des anticyclones européens. Mais le plus souvent ce type d'anticyclone est associé à une perturbation de SO ou plus exactement au secteur chaud de celle-ci. La limite entre ce dernier et l'anticyclone n'est pas clairement définie, car le plus souvent des formations nuageuses se développent sur la bordure de l'anticyclone. Elles s'étendent surtout dans le ciel de la Galice et du Minho, tandis que les régions vascocantabriques sont plus ensoleillées.

a) Anticyclone méditerranéen. Temps très chaud souvent nuageux. Masse d'air trop maritime.

Les 15 et 16 janvier 1947 fournissent un exemple caractéristique de cette situation synoptique. Une aire anticyclonique centrée sur l'est de la Péninsule Ibérique et le Bassin Occidental de la Méditerranée, s'étend du Portugal à l'Europe Balkanique. En fait, elle représente la juxtaposition de deux types d'anticyclones : à l'est un anticyclone thermique d'air polaire continental, à l'ouest un anticyclone dynamique épais alimenté par de l'air tropical maritime.

Cet air contribue à donner à l'ensemble du domaine océanique un temps chaud, ensoleillé qui présente cependant d'importantes nuances régionales.

D'abord dans le NO Ibérique, ce type de temps anticyclonique est de courte durée ; à peine plus d'un jour en Galice. Le 15 janvier, sur les régions littorales du Minho et de la Galice, les maximums dépassent 17° (La Corogne, Porto) alors que les minimums sont plus variables : 10,2 à La Corogne, 6,4 seulement à Porto. Si, sur certains massifs élevés, les températures sont plus fraîches en revanche l'insolation y est plus forte ; à Montalegre, le thermomètre atteint tout



juste 8° mais le soleil brille plus longtemps que dans la région de Porto. Le taux d'ensoleillement est de 95 % à Montalegre et de 88 % à Porto. C'est que la côte occidentale atlantique est à la limite de l'air anticyclonique et du secteur chaud d'une perturbation de Sud-Ouest où les bancs de stratocumulus sont plus développés.

D'ailleurs, l'arrivée du front de cette perturbation à proximité du NO de la Péninsule provoque des précipitations sur le N de la Galice, dès le 16 janvier et entraîne un accroissement de la nébulosité sur le Minho où continue à régner un temps chaud.

En revanche, sur les régions littorales du Golfe de Gascogne le temps est plus chaud et plus durable. Placées sous le vent de la chaîne cantabrique, ces régions reçoivent un air encore plus chaud et restent éloignées du courant perturbé de SO. A Santander, il règne pendant trois jours consécutifs un beau temps chaud hivernal très ensoleillé.

Mais bien souvent, ce type d'anticyclone est à l'origine de journées "lourdes" au cours desquelles sont associées fortes températures et humidité relative élevée.

b) Type de temps, très chaud et couvert avec anticyclone méditerranéen.

Du 20-21 janvier 1969, un tel état de l'atmosphère règne sur le NO de la Péninsule Ibérique. Une dorsale anticyclonique est développée de la Russie septentrionale au Bassin occidental de la Méditerranée. En fait, seul le noyau anticyclonique centré sur cette dernière région, est un anticyclone dynamique épais. Il se prolonge en altitude par une dorsale anticyclonique chaude qui s'étend du Maroc à la

Scandinavie. Cette crête de grande amplitude provoque l'advection de l'air tropical maritime chaud.

Les effets climatiques se rapprochent de ceux provoqués par la situation précédente. Le 20 Janvier, les températures sont exceptionnellement élevées en Galice qui détient le record de chaleur de toute l'Espagne, avec 23° à Pontevedra, 24° à Vigo dont la station enregistre un maximum absolu supérieur à celui relevé pendant la période 1931-1960<sup>(10)</sup>. Le lendemain, 21, dans les stations peu élevées des régions littorales, sauf sur certains points de la côte NO, le thermomètre dépasse 20°. Même, dans les régions intérieures généralement plus froides, les températures sont clémentes ; à Lugo, les maximums se maintiennent autour de 18° pendant ces deux jours. Dans les régions vascocantabriques les journées sont également chaudes avec des maximums qui atteignent et dépassent 20°. Mais les variations diurnes thermiques y sont plus accentuées ; à Santander l'amplitude thermique est beaucoup plus élevée qu'à La Corogne.

Mais à part ce dégagement nocturne du ciel, l'originalité de ce type de temps réside dans le fait qu'il est plus nuageux que le précédent dans tout le domaine océanique. Pendant les après-midi du 20 et du 21, le ciel se couvre presque entièrement de nuages stratiformes : As - Ac - Ci. L'absence de radiosondage à La Corogne ne permet pas de tenter d'analyser l'origine de la formation de cette couverture nuageuse. Cependant, le radiosondage du 21 à Madrid où règne une situation synoptique identique permet de penser que les nuages étalés, stratiformes, souvent abondants se développent à la suite du soulèvement par de l'air chaud tropical, d'une masse d'air chaud, mais plus humide donc plus léger. Peut-être faut-il tenir

---

(10) Selon document dactylographié non publié du Servicio Meteorologico Nacional de Madrid.

compte également de ces mouvements ondulatoires secondaires qui peuvent se produire à l'avant du front froid lorsque celui-ci se déplaçant vers l'E commence à comprimer l'air chaud. Une ondulation en creux de direction méridienne peut en effet s'accroître au contact de la Péninsule, favoriser dans la moyenne troposphère la convergence de l'air chaud humide et par conséquent provoquer la formation d'une bande de nuages moyens et hauts parallèlement au système nuageux frontal<sup>(11)</sup>. Finalement, ces nuages se soudent avec ceux du front froid de la perturbation de SO dont l'évolution vers l'ouest met fin rapidement à ce type de temps très chaud dès la journée du 22, marquée par des précipitations dans le S de la Galice.

c) Type de temps anticyclonique très chaud et couvert -  
advection d'air tropical continental - Ex. fin février 1960.

Du 27 au 28 février 1960, toutes les régions océaniques connaissent encore une vague de chaleur à caractère tropical. Elle se reproduit dans les conditions barométriques identiques à celles des types précédents. Après le passage de l'extrémité du front chaud d'une perturbation de SO qui provoque de faibles pluies dans le Minho et la Galice au début de la nuit du 27, la Péninsule Ibérique est envahie par une masse d'air maritime chaud. Celle-ci se déplace alors vers le Nord sur le flanc occidental d'un anticyclone épais centré également sur la Méditerranée (fig.3.43 a).

A la limite de cet anticyclone et du secteur chaud de la perturbation de SO qui se déplace sur l'Atlantique le temps est exceptionnellement très chaud sur tout l'ensemble du domaine océanique (fig.3.43b) une véritable canicule estivale se produit en plein coeur de l'hiver. De fait dans toutes les stations basses littorales du Minho au Pays Basque, les

-----  
(11) C'est cette bande nuageuse qui apparaît fréquemment sur les photos de satellites avec ce type de situation,



températures maximales atteignent et dépassent  $20^{\circ}$  alors que la moyenne des maximums de février fluctue entre  $12^{\circ}$  et  $14^{\circ}$ . C'est surtout le 28 que cette vague de chaleur se caractérise par de remarquables montées du thermomètre. Les températures maximales enregistrées ce jour atteignent même des valeurs déjà peu fréquentes pour les mois d'été; ainsi, à La Corogne le maximum thermique égal ou supérieur à  $27^{\circ}$  est enregistré pendant 5 % des jours de juillet seulement ; et à Porto le maximum égal et supérieur à  $29^{\circ}$  pendant 20% des jours de ce mois d'été !

Mais ce temps lourd, difficile à supporter, est également nuageux. Si le 27, le ciel est en partie couvert par des nuages supérieurs (Ci, Cs) et des bancs de nuages moyens (Ac), le 28 la couverture nuageuse (Ac) devient plus dense et provoque une forte baisse de l'insolation comme à Porto. Cette couche de nuages précède de loin la formation de cumulonimbus jalonnant le front froid de la perturbation de SO qui atteint la Galice au début de la journée du 29. Il y provoque une forte chute de la température accompagnée de pluie. Tandis que le temps chaud peu couvert se prolonge dans les régions basques qui ne sont traversées par cette discontinuité frontale qu'en fin d'après-midi.

Incontestablement, cette forte chaleur d'hiver est liée à l'advection d'air chaud subsident. Mais l'analyse des radiosondages semblent indiquer que cette advection est alimentée par plusieurs masses d'air. D'abord, au début, comme le montre le radiosondage du 27 à La Corogne, un air tiède et humide (Pm) est progressivement soulevé par un air plus chaud (Tm), mais plus lourd car très subsident, avec une diminution rapide de  $\theta_w$  entre 500 et 4000 m. C'est certainement au contact de ces deux couches que se forment les nuages stratiformes dont l'altitude élevée indique qu'ils ne sont pas liés à la faible inversion de température développée dans

les basses couches de l'atmosphère. Cette inversion ne présente pas une discontinuité entre deux masses d'air, mais elle résulte encore une fois d'une évolution thermodynamique interne dans l'air chaud subsident. L'accroissement de chaleur provoqué par la subsidence se transmet difficilement aux basses couches qui restent relativement plus froides au contact des eaux de l'Océan.

Le lendemain 28, il semble qu'une nouvelle masse d'air fait irruption. Les radiosondages de ce jour à La Corogne et Bordeaux indiquent l'arrivée d'un air beaucoup plus chaud qui continue à s'affaïsser. Si l'on analyse de plus près le radiosondage de La Corogne on s'aperçoit que la courbe d'état a exactement la même disposition que celle présentée par une masse d'air tropical continental en hiver et étudiée par les météorologues anglais<sup>(12)</sup>.

Ainsi, il se confirme que pendant l'hiver l'air tropical Saharien peut atteindre exceptionnellement le N de la Péninsule Ibérique et être à l'origine de temps très chaud complètement inconnu dans d'autres régions océaniques de l'Europe occidentale, comme la Bretagne.

Mais, cette invasion est éphémère, l'arrivée brutale de cet air chaud accroît les contrastes thermiques à la limite de la crête d'air chaud et de la vallée froide. Il en résulte une augmentation de la pente du versant oriental de cette vallée, et par suite une accélération du flux méridien qui s'accompagne du rétrécissement de la colonne d'air. Dès lors, la valeur positive du tourbillon relatif augmente et une circulation cyclonique s'installe entraînant le passage du temps anticyclonique à celui du secteur chaud de perturbation de SO.

---

(12) oP. cit. p. 10.

Dans les régions Cantabriques le temps encore chaud du 29 est donc à rattacher à cette dernière évolution. Il rappelle donc, par ses aspects et par l'effet de foehn qui se produit en avant du front froid l'état de l'atmosphère régnant lors d'un passage d'un secteur chaud de perturbation.

Les types de temps anticycloniques chauds associés à une circulation méridienne S présentent des caractères assez homogènes dans l'ensemble du domaine océanique. Dans le cadre des anticyclones qui dirigent directement un flux de S chaud sur le N de la Péninsule les oppositions régionales diminuent, les contrastes s'estompent contrairement à ce qui se passe lorsque l'air maritime chaud de retour aborde l'Espagne par le NE avec un anticyclone ayant une situation plus océanique.

L'uniformisation de l'ambiance atmosphérique se produit également avec des anticyclones maritimes à alimentation chaude, qui selon certaines conditions de circulation dans la moyenne troposphère sont responsables de types de temps doux.

#### IIId - LES TYPES DE TEMPS ANTICYCLONIQUES DOUX ET PLUVIEUX

-----

En effet, tous les anticyclones à alimentation chaude ne sont pas toujours responsables d'un beau temps chaud plus ou moins ensoleillé. Plus particulièrement, l'installation de l'anticyclone des Açores sur le NO de la Péninsule s'accompagne parfois d'un temps doux et pluvieux ; sous un ciel nuageux bas règne une atmosphère tiède humide, faiblement agitée par des vents modérés, c'est le temps "mou", émollient, si caractéristique des régions océaniques de l'Europe Occidentale.



- A) TYPES DE TEMPS ANTICYCLONIQUES HUMIDES EN CIRCULATION ZONALE

1°) Douceur et pluie sur la bordure septentrionale de l'anticyclone maritime chaud. Ex. 14-15 Jv 1954.

Pendant ces deux jours une situation synoptique rappelle bien celle qui a donné un temps chaud et sec quelques jours plus tard le 20 janvier 1954.

Une zone de haute pression centrée sur les Açores et alimentée par une masse d'air tropical maritime chaud mélangé à de l'air polaire maritime chaud s'étend sur toute la Péninsule Ibérique. En altitude, selon la carte 500 mb. existe également une cellule anticyclonique qui confirme l'existence d'un anticyclone dynamique épais.

Pourtant les conditions atmosphériques sont totalement différentes de celles observées lors de la situation du 20-22 janvier 1954. Dans la plupart des stations littorales les températures maximales sont légèrement plus faibles bien qu'elles restent supérieures aux normales (fig.3.44). En revanche, les minimums thermiques sont beaucoup plus élevés : alors qu'il peut geler dans le bassin de Lugo lors d'un type de temps anticyclonique ensoleillé, cette fois la température ne descend pas au-dessous de 7°. D'autre part à Porto, l'amplitude thermique diurne est exceptionnellement réduite.

Cette faible variabilité de la température est liée à l'existence d'une couverture nuageuse qui ralentit le rayonnement nocturne et réduit à néant l'insolation dans toutes les régions océaniques. Bien plus, cette couche de nimbostratus qui couvre le nord de l'Espagne provoque des précipitations relativement importantes en Galice et dans le Minho. Pour ces deux jours, il est mesuré plus de 15 mm à La Corogne, 18 à Vigo et en général des totaux pluviométriques supérieurs à 20 mm sont signalés sur les plateaux et les massifs intérieurs. Ces pluies accompagnées de vent d'ouest assez fort, 10 à 13 m/s tombent principalement pendant la nuit du 13 au 14, mais se

poursuivent également tout au cours des journées du 14 et du 15 janvier. Or, si au début de la nuit du 13 au 14, le passage de la couverture nuageuse et les précipitations qui l'accompagnent sont en rapport avec le déplacement du front chaud, par contre, les phénomènes pluvieux du 14 et du 15 se produisent à l'intérieur de l'anticyclone, dans la masse d'air polaire maritime chaud. A Porto, le pluviomètre recueille près de 5 mm avec un maximum horaire faible de 1 mm aux environs de 20 h 30, en dehors de tout passage de surface frontale.

Il est certain que la masse d'air maritime chaud qui alimente la cellule de hautes pressions est instable. Ainsi selon le radiosondage effectué au point K le 13 à 3 h TU, la courbe d'état est voisine de la courbe des points de condensation et parallèle aux courbes des pseudoadiabatiques humides. Le 14, il apparaît bien, à l'intérieur même de cette masse d'air une inversion de température qui semble résulter d'une amorce de mouvement subsident. Seulement dans les régions ibériques, d'autres facteurs dynamiques ont pu arrêter le développement de cette subsidence et favoriser l'instabilité convective. D'une part, la structure verticale de la masse d'air dont les couches moyennes et supérieures sont caractérisées par une humidité relative très faible, active l'instabilité convective à l'origine des fortes pluies sur les régions élevées. D'autre part, le 14 janvier 1954, la Galice, plus éloignée de l'axe de la crête chaude, est située en bordure d'un courant d'ouest-nord-ouest rapide d'altitude, comme le souligne le rapprochement des isohypses de la carte contour 500 mb sur le Golfe de Gascogne. La présence de ce courant rapide au-dessus du secteur septentrional de la cellule anticyclonique semble bien être à l'origine du temps doux et pluvieux, de ce temps "mou" qui accompagne fréquemment l'installation en hiver, de l'anticyclone des Açores sur la façade atlantique de la Péninsule Ibérique.

2°) Les origines du temps couvert et pluvieux avec les anticyclones maritimes chauds d'O.

P. PEDELABORDE pour expliquer le développement des formations nuageuses à l'intérieur des anticyclones océaniques a insisté sur la disposition des isobares dont l'orientation régulièrement E.O. empêche la divergence. Dès lors les perturbations qui longent la façade N de l'anticyclone, assurent l'alimentation en air maritime doux<sup>(1)</sup>.

Pour le N de la Péninsule Ibérique, il faut tenir compte également de la présence dans la moyenne troposphère d'un courant relativement rapide qui accroît l'instabilité de la masse d'air humide.

a) Ex. du 11 Janvier 1952,

A la limite de l'anticyclone maritime des Açores et du secteur chaud d'une perturbation de NO. A la fin de la journée du 10, une masse d'air tropical maritime évolue vers l'O à l'arrière d'un front peu actif qui fournit cependant de très faibles pluies. (fig.3-44).L'arrivée de cette masse d'air tropical maritime chaud entretient des températures maximales encore supérieures aux moyennes mensuelles (14° à La Corogne). Surtout les minimums thermiques sont toujours plus élevés que lors du type de temps chaud du 20 janvier 1954. Car, cette fois encore, le ciel entièrement couvert entrave le rayonnement nocturne. Effectivement pendant toute la journée du 11 janvier 1952, une masse nuageuse constituée par un nimbostratus épais s'étend sur tout le N de l'Espagne et du Portugal. Cette formation nuageuse dense apporte des précipitations assez importantes dans tout le domaine océanique et plus particulièrement sur les régions montagneuses où les pluviomètres enregistrent des pluies supérieures à 10 mm et même parfois à 20 mm, comme sur les hauteurs proches du littoral au S de la Galice ou les Can-

---

(1) P. PEDELABORDE ( 512 ) p. 209.



tabriques occidentales (fig.3.44 ).

Ces précipitations se produisent d'abord à l'intérieur de la cellule anticyclonique en dehors de tout passage de surface de discontinuité ; une sorte de crachin, "lloviznas", tombe presque toute la journée à La Corogne. Puis les précipitations augmentent rapidement dans la nuit du 12 à l'approche du front chaud et du front froid de la perturbation de NO qui envahit la Péninsule au milieu de la journée du 12.

Ainsi des pluies de faible intensité tombent bien dans la cellule anticyclonique. Elles sont dues en réalité au caractère instable de la masse d'air chaud. Cette instabilité est activée par la présence en altitude d'un courant d'ouest plus froid. L'existence d'une telle circulation est suggérée par l'analyse de la carte contour à 500 mb qui, par le resserrement des isohypses, indique un vent géostrophique de vitesse élevée de l'ordre de 140 km/h et qui signale la présence d'un air froid ( $-25^{\circ}\text{C}$ ).

b) La structure du système nuageux d'un anticyclone maritime chaud rappelle celle du secteur chaud d'une perturbation d'O.

L'organisation d'une formation nuageuse anticyclonique attestée par des documents concrets fournis récemment par les satellites météorologiques ; telles les photos prises par Essa 8 au début de février 1970. Le 3 février 1970, l'anticyclone des Açores est centré sur la façade Portugaise et s'étend sur toute la Péninsule Ibérique. C'est un anticyclone dynamique épais puisqu'une crête chaude ( $-16^{\circ}$ ) du courant zonal évolue vers l'Est au-dessus du Portugal puis de l'Espagne.

Les conditions thermiques qui règnent sur le Nord-Ouest de ce pays sont celles d'un temps maritime doux avec des températures clémentes et peu variables. L'amplitude thermique diurne du 3 février 1970 est de l'ordre de 2 à 3°, 4°

un maximum pour certains points plus éloignés de l'Océan ; à La Corogne, le thermomètre ne varie guère 12° à 13°, à Vigo 10-13°, à Lugo 8-12°, Iguelo 13-14°. Ce faible contraste thermique est dû encore à la présence d'une couverture nuageuse qui couvre la région, contribue à créer un "effet de serre" en ralentissant la déperdition de chaleur par rayonnement. Cette couche basse de stratocumulus est responsable de précipitations moyennes enregistrées pendant la nuit en Galice, plus particulièrement à Monteventoso et à Pontevedra (5 mm). Et si les précipitations sont beaucoup plus faibles pendant la journée (inappréciables à La Corogne et à Pontevedra), le ciel reste encore entièrement couvert d'un voile de stratocumulus qui apparaît nettement sur la photo de Essa 8 prise le 3 à 11 h 35 TU.

Celle-ci, cependant fait apparaître dans la masse nuageuse des alignements de nuages plus épais et des bandes de ciel clair orientées O-SO E-NE, parallèlement au corps nuageux du front froid d'une perturbation d'ouest qui indique la limite de l'aire anticyclonique. Or, les stries visibles dans ce corps nuageux et la limite occidentale brutale de ce dernier du côté de l'air froid, sont des éléments qui soulignent l'existence d'un courant plus rapide orienté OS-OE-NO. Il semble donc que dans le Nord de la Péninsule, la zone de hautes pressions soit surmontée par un courant zonal dont la vitesse s'accélère dans la moyenne troposphère comme le confirme le radiosondage de la Corogne.

D'autre part, la présence de bandes de nuages plus épais, alternant avec des bandes de ciel plus clair et disposées perpendiculairement au front chaud de la perturbation d'O proche, semble suggérer une analogie avec le modèle de système nuageux développé dans un flux d'air chaud humide. A la limite de l'anticyclone maritime des "cellules de convection" se développent dans l'air chaud dont les basses couches au-dessous de 2000 m sont instables. Ces cellules s'alignent pour former

des bandes de précipitations d'instabilité convective, orientées suivant le mouvement de l'air chaud. Or ces bandes nuageuses abordent par l'O-SO la Péninsule Ibérique, c'est-à-dire perpendiculairement à la direction générale du rivage et des grandes lignes directrices du relief de la Galice, tandis qu'elles tendent à se disloquer sur la retombée septentrionale des cantabriques où les précipitations disparaissent et le ciel s'éclaircit.

En réalité, ce type de temps est de courte durée, car rapidement le front froid de la perturbation traverse toute la péninsule provoquant le 4 l'effondrement de la pression et des pluies généralisées dans tout le domaine océanique.

- B) TYPES DE TEMPS ANTICYCLONIQUES HUMIDES LIES A UNE CIRCULATION MERIDIENNE.

Les types anticycloniques pluvieux se produisent moins fréquemment lorsque la crête d'air chaud décrit une ondulation plus vaste au-dessus de la Péninsule Ibérique. Toutefois la pénétration d'air maritime chaud instable à l'arrière des extrémités des fronts chauds de perturbations éloignées, est parfois responsable de temps couvert et pluvieux. Celui-ci est plus irrégulier et n'apparaît que dans des régions dispersées, si le déplacement de l'air chaud se fait sur la façade occidentale de la crête anticyclonique, alors que les pluies peuvent se produire dans l'ensemble du domaine océanique lorsque la circulation dans la moyenne troposphère est à composante N.

1°) Les pluies dispersées à la limite occidentale d'un anticyclone ibérique - Ex. 29-30 décembre 1959.

A partir du 28 décembre 1959, une ondulation anticyclonique du courant d'O s'installe sur la Péninsule Ibérique. Son extension vers le N provoque l'advection d'un flux d'air polaire maritime chaud. Celui-ci alimente alors l'anticyclone



ibérique après le passage de la partie méridionale du front associé à une perturbation de SO. C'est donc une surface de discontinuité interne à l'anticyclone ibérique qui se déplace dans les régions océaniques.

Ce front affaibli provoque le 29 cependant quelques pluies de faible intensité sur la Galice et le Pays Basque et un temps nuageux qui se prolonge bien après le passage du front. Il règne ce jour-là un temps doux parfois tiède très nuageux sur l'ensemble du NO de la Péninsule Ibérique, sauf sur certains secteurs du littoral vascocantabrique, comme celui de Santander qui est placé dans une situation d'abri (fig 3.45).

Le lendemain en même temps que l'installation définitive de l'air chaud, la subsidence anticyclonique s'est développée, comme le montre l'accentuation de l'inversion de température dans les basses couches de l'atmosphère (cf. radiosondages). En Galice, le temps doux devient moins nébuleux tandis que le Minho connaît une évolution vers le temps vraiment chaud et ensoleillé. Le temps doux et plus clair se maintient dans les régions vascocantabriques. Cependant dans la nuit du 30, en pleine situation anticyclonique, les collines basques reçoivent des précipitations de faible intensité. En fait dans le fond du Golfe de Gascogne l'air maritime chaud est potentiellement instable avec la présence des couches supérieures très sèches selon les données du radiosondage de Bordeaux, un soulèvement en bloc développe l'instabilité convective dans la moyenne troposphère.

Des pluies orographiques peuvent alors se produire en dehors de toute surface de discontinuité.

2°) Type de temps pluvieux sur la façade N atlantique lié à l'installation d'un anticyclone maritime chaud en circulation méridienne N. - Ex. 10 Janvier 1953.

Avec un anticyclone maritime centré sur l'Atlantique au NO de la Péninsule Ibérique la situation barométrique du 10 Jv 1953 semble rappeler celle du 27 février 1958<sup>(2)</sup>. Dans la moyenne troposphère règne également une circulation méridienne N à la limite de la façade orientale d'une crête chaude anticyclonique et du versant occidental d'une profonde vallée froide qui dirige un courant perturbé de N, de la Scandinavie au Golfe de Gênes (fig.3.46b).

Mais cette fois, une plus forte extension vers l'E de l'ondulation anticyclonique s'accompagne d'une puissante advection d'air maritime chaud sur le NO de l'Europe. L'air chaud maritime qui chasse l'air polaire maritime froid antérieur, alimente alors la cellule de hautes pressions et aborde la Péninsule Ibérique par le N. Le front chaud qui caractérise son entrée, marque aussi le passage d'un anticyclone froid thermique à un anticyclone chaud dynamique. L'installation de ce dernier débute donc avec un état de l'atmosphère défini par un accroissement sensible de la température et une forte nébulosité, génératrice de pluie dans le N de l'Espagne, du Pays Basque à la Galice septentrionale où règne un temps plus doux et plus pluvieux que celui du 27 février 1958.

Cette plus forte pluviosité s'explique par l'advection d'un air maritime instable (cf. radiosondages de Bordeaux) qui en s'élevant au-dessus de l'air froid antérieur et sur les versants montagneux alimente des formations nuageuses denses (Ns - St). En outre l'instabilité dans le fond du Golfe de Gascogne est accrue par l'existence d'un courant froid rapide dans la haute troposphère.

C'est pourquoi, l'ambiance atmosphérique varie fortement à l'intérieur du domaine océanique. Les contrastes régionaux sont identiques à ceux qui apparaissent avec tous les anticyclones liés à une circulation méridienne N : une diminution des précipitations, un réchauffement plus accentué en allant du Pays Basque à La Galice, un dégagement du ciel et une disparition des pluies dans les Rías Bajas et le Minho (fig.3.45).

## C H A P I T R E      I I

=====

### LES TYPES DE TEMPS EN ETE

=====

L'analyse des états de l'atmosphère pendant l'été doit répondre à deux soucis :

- expliquer la diminution importante et régulière des précipitations aboutissant à l'apparition d'une saison moins pluvieuse, et même sèche, dans les régions occidentales du domaine océanique.
- expliquer justement les fortes oppositions qui éclatent surtout pendant le bimestre juillet et août : augmentation de la pluviosité des Asturies occidentales au Pays Basque, accentuation de l'aridité estivale de la Galice Septentrionale au Minho.

L'enchaînement des types de temps en été est commandé par les aspects zonaux de la circulation. Celle-ci est moins rapide qu'en hiver, mais elle est moins lente que pendant les saisons intermédiaires. De fait, les advections plus fréquentes des cellules anticycloniques se développent à des latitudes plus septentrionales. Ainsi, les anticyclones subtropicaux protègent avec plus d'efficacité les régions océaniques.

L'étude de la circulation atmosphérique générale nous a montré en effet, que pendant l'été les situations anticycloniques sont les plus fréquentes et qu'elles semblent responsables de la diminution des pluies. Toutefois, l'action de chaque type de situation anticyclonique varie d'une région à l'autre en fonction des facteurs géographiques.





- I - LES TYPES DE TEMPS ANTICYCLONIQUES

=====

Car, les aspects climatiques originaux de l'été ne sont pas liés uniquement à l'accroissement du nombre des anticyclones subtropicaux et, en particulier, à l'extension de l'anticyclone des Açores. Nous avons vu comment, entre les cellules chaudes anticycloniques qui se déplacent vers le N et le NE en suivant deux voies l'une par l'Atlantique, l'autre par la Péninsule Ibérique et la Méditerranée occidentale, les advections froides s'insinuent et s'étalent en direction de la façade O de la Péninsule. Les affaisslements fréquents vers le S de ces cellules polaires alimentent ces anticyclones maritimes dont la structure est différente de celle de l'anticyclone des Açores. Or, ces anticyclones à alimentation froide contribuent à accentuer les variations régionales climatiques à l'intérieur du domaine océanique.

- Ia - LES TYPES DE TEMPS ANTICYCLONIQUES CHAUDS.

-----

Les situations synoptiques qui correspondent à cette classe sont définies par plusieurs données fondamentales de la circulation atmosphérique. L'anticyclone axé sur les régions centrales de l'Atlantique Nord constitue une véritable ceinture

qui s'étend de la côte orientale des Etats-Unis à l'Europe. Cette vaste aire de hautes pressions est alimentée par des masses d'air maritime chaudes (Pmw et Tm), limitées au nord par des ondulations du front polaire qui entretiennent des perturbations d'O passant sur l'Islande ou les Iles britanniques.

Ces types d'anticyclones apparaissent principalement avec le déplacement vers le nord des filets d'air chaud du courant zonal rapide. Comme en hiver, ce sont des anticyclones épais dynamiques ; mais pendant la saison chaude, ils sont plus stables et plus durables, du fait de l'expansion plus ample de l'air chaud en direction des hautes latitudes. En fait, cette advection varie selon l'amplitude des crêtes d'air chaud surmontant les cellules anticycloniques. Or, la stabilité de l'anticyclone maritime chaud, sa position exacte par rapport au N de la péninsule Ibérique dont dépendent, en dernière analyse, les caractères essentiels de l'état de l'atmosphère sont fonction des déplacements vers le Nord de ces vastes colonnes chaudes anticycloniques de la moyenne et haute troposphère.

Selon ce facteur se détachent deux grands types d'anticyclones maritimes alimentés par de l'air chaud. Malgré une structure présentant de nombreux éléments similaires, ils sont responsables de variations régionales plus ou moins accusées.



- A) BEAU TEMPS AVEC LES ANTICYCLONES MARITIMES CHAUDS CENTRES

-----  
A L'OUEST ET AU NORD-OUEST DE LA PENINSULE IBERIQUE -  
-----

Alimentation directe d'air maritime chaud - vents d'O.NO.  
-----

Dans cette situation la crête d'air chaud du courant zonal a une faible amplitude ; axée sur la façade occidentale de la Péninsule Ibérique l'ondulation anticyclonique ne s'étend guère au-delà du parallèle 45°. Les régions océaniques sont dès lors situées à l'extrémité E de l'anticyclone alimenté par de l'air maritime chaud. Abordant directement les régions océaniques, cet air alimente des vents modérés de secteur O dominant qui soufflent au cours d'une journée aux températures clémentes, et caractérisée par un ciel faiblement nuageux. Cependant, ce dernier, peutparfois se couvrir d'un voile bas de stratus, selon les conditions d'évolution de l'air maritime chaud.

1°) Exemple de beau temps généralisé - 14-15 juillet 1963.

a) La situation générale

Le 14 juillet 1963 après le passage de l'extrémité S d'un front chaud à l'intérieur de la zone anticyclonique qui s'étend de la côte atlantique de l'Amérique du N à l'Europe Centrale, le NO de la Péninsule Ibérique est envahi par de l'air maritime chaud. Toutes les régions océaniques connaissent une belle journée tiède, ensoleillée dont les traits se maintiennent et s'affermissent le lendemain 15 juillet (fig. 3.47).

Les analyses des radiosondages effectués à la station de La Corogne soulignent l'existence d'une structure massique très caractéristique de ces anticyclones maritimes d'ouest. Les courbes d'état et les diagrammes d'analyse des masses d'air

( $\theta_w$  et  $\theta'_{ws}$ ) se présentent sous forme de lignes brisées, soulignant de brusques changements de conditions thermiques, plus particulièrement entre les niveaux 1500 et 2000 m (fig. 3.17). Cette allure graphique irrégulière semble correspondre à la structure feuilletée<sup>(1)</sup> qui résulte de l'entassement des masses d'air, expulsées lors des décharges polaires alimentant la ceinture des Hautes Pressions Subtropicales. Cependant, l'augmentation de températures entre 1000 et 2000 m, n'est pas ici la conséquence de l'advection de l'air chaud au-dessus de la pellicule d'air froid polaire expulsé à l'arrière de la perturbation qui dégénère dès le 14 au matin (D4 du BQE), en arrivant sur le S de la Scandinavie.

Dans les basses couches de l'atmosphère au-dessous de 1000 m,  $\theta_w$  et  $\theta'_{ws}$  sont nettement plus élevées qu'à 2000 m. C'est donc bien une masse d'air chaud d'origine maritime (Hr supérieure à 50 %) qui se déplace au niveau du sol dans le NO de la Péninsule Ibérique. En réalité, dans les couches plus élevées, la masse d'air se réchauffe et s'assèche sous l'effet d'une subsidence développée dans l'ondulation anticyclonique du courant zonal. Mais, cette double évolution ne se transmet pas aux couches inférieures car le transfert de chaleur s'effectue difficilement du haut vers le bas en situation de faible turbulence<sup>(2)</sup>. Ainsi, l'inversion de températures entre 1500 et 2000 m s'effectuerait au contact de deux couches d'une masse d'air maritime ayant subi des évolutions différentes. La partie inférieure se réchauffe par la base au contact du sol plus chaud et son réchauffement convectif s'accroît rapidement vers l'intérieur ; tandis qu'au-dessus de 2000 m, l'évolution thermo-dynamique est le résultat de mouvements verticaux d'affaissement. D'ailleurs, l'inversion de température s'accroît au cours de l'évolution de la situation anticy-

---

(1) X... (739) T. V, p. 34.

(2) idem. p. 18.

clonique ; alors qu'elle s'amorce seulement le 14 juillet, elle est nettement développée le 15.

b) L'ambiance atmosphérique et ses aspects régionaux.

Quoi qu'il en soit, le phénomène de subsidence entrave le développement des formations nuageuses. Tout le domaine océanique connaît deux belles journées ensoleillées, une journée d'été agréable aux vents modérés d'O, aux températures peu excessives.

Le 15 juillet, dans les régions littorales et sur les versants exposés au flux du large, de la Galice et du Minho, les maximums dépassent  $20^{\circ}$  mais n'atteignent guère  $25^{\circ}$ . Pourtant, le soleil brille toute la journée, malgré quelques cumulus et stratocumulus qui apparaissent dans l'après-midi. A la Corogne, à Porto, à Montalegre même, l'insolation relative dépasse 70 à 80 %. C'est que l'air maritime venu directement du large atténue la montée du thermomètre.

D'ailleurs la pénétration du flux marin adouci est activée par l'apparition d'une brise de mer qui commence à souffler au milieu de la matinée et ne cesse de se renforcer durant l'après-midi. En effet, cette situation atmosphérique apporte les conditions thermiques favorables à une succession alternée de faible brise de terre à la fin de la nuit et de brise de mer plus forte pendant le jour, sur la bordure littorale. Mais, le renversement des vents dans les couches inférieures de l'atmosphère semble être plus accusé sur le littoral du Minho que sur la côte septentrionale de la Galice. La brise de mer plus forte sur la côte portugaise est à mettre en relation avec un contraste thermique plus élevé entre la bordure littorale et les régions intérieures, comme le montre la carte simplifiée des températures maximales du 15 juillet (fig.3.47).



L'étude de la répartition géographique des températures souligne partout une dégradation de l'influence adoucissante de l'air d'origine maritime, vers l'intérieur. En gros, du Cap Vares au Cap Mondego les isothermes sont parallèles au rivage, indiquant l'existence d'une variation thermique dans le sens ouest-est. Mais, le réchauffement vers l'intérieur est plus lent en Galice que dans le Minho. Mises à part les régions déprimées abritées (Bassin de Lugo, bassin d'Orense...), des conditions thermiques uniformes règnent sur l'ensemble de la Galice. En revanche, au sud de la vallée du Lima les températures diurnes augmentent rapidement vers l'intérieur.

Bien sûr, en Galice l'effet du relief, la diminution de la température selon l'altitude, compense l'influence de la continentalité. Mais peut-être aussi faut-il tenir compte d'une pénétration plus profonde d'une brise de Mer canalisée par les rías galiciennes. Les études détaillées, faites sur la pénétration de l'air marin en Californie centrale, ont montré le lien entre l'ampleur de la pénétration de la brise de mer et le relief de la bordure continentale<sup>(3)</sup>. Dans les passes naturelles étroites, dans les vallées encaissées la brise marine avance plus loin dans l'intérieur que sur les régions littorales relativement basses. Ainsi, sur la bordure côtière portugaise, au sud de Viana do Castelo, le front de brise de mer pénétrerait moins dans l'intérieur, mais créerait par suite un contraste thermique plus accusé et entretiendrait une brise de mer plus violente sur une bande étroite du littoral.

De même, la brise de terre s'installe avec plus de netteté sur le littoral lusitanien. Alors que l'atmosphère reste calme à La Corogne pendant toute la nuit, un renversement total des vents se produit dans la région de Porto. D'après les mesu-

-----  
(3) M.J.SCHROEDER et col. (619)p.802, supra p. 511.

res effectuées à l'Institut de Géophysique de l'Université de Porto, le 15 juillet 1963, à 0 heure, la brise de mer, bien qu'affaiblie, continue à souffler du NO, mais à 3 heures l'anémomètre enregistre un vent faible d'ESE qui se renforce aux premières heures du jour (fig.3.47) Ce renversement des vents, plus accusé aux environs de Porto, est incontestablement lié au rythme diurne de la température qui présente une amplitude plus élevée à Porto. De plus dans la Galice méridionale et le Minho, cette amplitude thermique augmente rapidement vers l'intérieur puisque l'amplitude dépasse  $15^{\circ}$  à Braga. A quelques dizaines de kilomètres du littoral, le rayonnement nocturne provoque une chute brutale des minimums qui deviennent nettement inférieurs à la température de la surface de l'Océan<sup>(4)</sup>. C'est donc un volant thermique efficace qui assure sur le rivage du Minho un renversement spectaculaire des vents.

Or, le long de ce littoral l'installation de la brise de terre à la fin de la nuit s'accompagne de l'apparition de brouillards qui disparaissent avant midi. Pour expliquer leur formation on ne peut invoquer ici, le refroidissement de l'air continentalisé venu de l'intérieur au contact des eaux froides océaniques. Il semble plutôt que ce soit l'arrivée de l'air continentalisé refroidi par rayonnement nocturne qui entraîne le refroidissement de l'air maritime humide. Le mélange de ces deux masses d'air, originaires de la même cellule chaude, mais ayant évolué différemment en fonction du substratum géographique, entraîne des phénomènes de condensation et la formation de brouillards littoraux, mais de brouillards moins épais, moins durables que les brouillards d'advection qui apparaissent avec d'autres types d'anticyclone<sup>(5)</sup>.

---

(4) à Leixoes le minimum absolu de la température de l'eau de mer  $13^{\circ}7$  a été enregistré le 1er juillet 1963.

(5) Infra, p. 800.

Sur la bordure du Golfe de Gascogne, du Cap Vares au Pays Basque, règne également un temps agréable avec des vents modérés d'O à NO. Dans les stations littorales (fig.3.47), les maximums thermiques varient entre 22 et 25° et le rythme diurne des températures reste atténué. Aussi, comme à La Corogne, l'amplitude thermique qui n'atteint guère 9° est insuffisante pour entraîner un renversement des vents au cours de la journée. Les vents soufflent continuellement du large. Dès lors dans les basses couches humidifiées de l'air qui s'élève au-dessus des reliefs élevés, la nébulosité est plus forte ; cumulus et voile de stratus occupent une surface plus étendue à la base de l'inversion de température dans le Pays Basque le 15 juillet.

Ainsi, malgré les quelques nuances régionales de l'ambiance atmosphérique, l'ensemble du domaine océanique connaît avec ce type d'anticyclone une journée d'été agréable tiède et ensoleillée. En revanche, des oppositions régionales apparaissent lorsque le domaine océanique se situe à la limite de l'anticyclone maritime chaud et du secteur chaud d'une perturbation d'O.

2°) Type de temps doux avec forte opposition régionale - 18 juillet 1962 sur la bordure de l'anticyclone des Açores et d'un secteur chaud de perturbation d'O.

La situation du 18 juillet 1962 présente de nombreux aspects similaires à la situation précédente :

- aire anticyclonique qui s'étend de la côte des Etats-Unis à l'Europe Occidentale.
- sur la façade septentrionale de l'anticyclone un courant perturbé d'ouest traverse les Iles Britanniques.
- l'anticyclone dynamique se prolonge en altitude par une crête d'air chaud d'un courant zonal rapide.



- l'anticyclone est alimenté par une masse d'air maritime chaud.

Dès lors règne une ambiance tiède, caractérisée par des températures maximales égales ou supérieures aux normales et des températures minimales nettement plus élevées que les normales. Mais, le beau temps est loin d'être généralisé, les températures clémentes ne sont pas toujours associées avec un ciel ensoleillé.

a) Les variations régionales

- De la Galice septentrionale au Pays Basque, le temps est de plus en plus couvert. Si un épais voile de Sc se dégage au cours de l'après-midi dans la région des Rías Altas, il se maintient, en revanche toute la journée, dans les Asturies Orientales et le Pays Basque. Bien plus, cette couverture nuageuse provoque des précipitations dont l'intensité augmente vers le fond du Golfe de Gascogne : 0,3 à La Corogne, 5 mm à Santander, 7 mm à Igueldo.

Par contre dans le S de la Galice et le Minho, le beau temps apparaît et rappelle étrangement celui analysé le 15 juillet 1963 : température maximale atteignant et dépassant 25°, insolation relative supérieure à 80 %, rythme diurne des vents entraînant l'alternance - brise de mer - brise de terre à Porto.

b) une situation de limite.

En réalité le N de l'Espagne est situé à la limite de l'anticyclone maritime à alimentation chaude et du secteur chaud de la perturbation d'O qui traverse les Iles Britanniques. L'extrémité méridionale du front chaud qui marque l'advection de l'air maritime chaud, atteint le N de la Péninsule Ibérique. Bien sûr, le temps couvert et pluvieux s'établit en fonction

du passage de cette discontinuité frontale dont l'activité augmente de la Galice au Pays Basque alors que vers le S, avec l'accroissement de la subsidence anticyclonique, avec l'étalement de l'air dans les basses couches, la dislocation se développe. Mais également, sur le golfe de Gascogne, le temps couvert se maintient après le passage du front chaud, l'instabilité des basses couches de l'air chaud maritime, et l'apparition d'une faible inversion de température favorisent le développement des nuages stratiformes.

- B) TYPES DE TEMPS ANTICYCLONIQUES MARITIMES DE NE - DES OP-  
-----  
POSITIONS REGIONALES ACCENTUEES.  
-----

En été, lorsque l'ensemble de la circulation zonale se déplace un peu plus vers le N, les crêtes d'air chaud du courant d'ouest atteignent des latitudes plus septentrionales<sup>(6)</sup>. Les régions océaniques du N de la Péninsule Ibérique sont dès lors placées sur la façade SE d'anticyclones dynamiques chauds qui sont centrés sur la façade atlantique de l'Europe occidentale à des latitudes plus élevées que celles occupées par le centre d'action atmosphérique moyen des Açores durant la saison chaude. Or, pendant ce temps la dépression thermique sur le centre de la Péninsule se creuse; un faible noyau négatif peut même apparaître dans la moyenne troposphère, à l'O du Portugal selon des aspects qui ont été étudiés avec l'analyse de la circulation atmosphérique générale.

Dès lors, des vents de N à NE soufflent sur les régions atlantiques apportant de l'air maritime chaud de retour, véritable souffle tiède de NE. Cette situation d'été sur la Galice  
-----

(6) supra p. 329.

et le Minho correspond aux conditions synoptiques qui se développent en hiver dans des régions de latitudes plus méridionales et que A. HUETZ DE LEMPS a défini dans son étude sur le climat des Canaries<sup>(7)</sup>.

Ce type de temps anticyclonique se marque par des journées plus chaudes et plus ensoleillées. Mais, il contribue surtout à introduire de fortes variations régionales dans le sens NS ; contraste atmosphérique entre, d'une part les régions vasco-cantabriques et la côte septentrionale de la Galice où l'air est doux, et d'autre part le reste de la Galice et le Minho qui enregistre des températures élevées. Cette opposition s'accroît pendant toute la durée de la situation synoptique.

Sur le plan général, et pour une même région, des nuances se dessinent en fonction du type de circulation générale qui règne au-dessus de l'Europe ; le temps est normalement plus chaud lorsque ce type de situation correspond à une circulation plus méridienne, avec une ondulation anticyclonique plus ample des courants d'O qui stagne sur la Péninsule Ibérique.

1°) L'enchaînement des états de l'atmosphère avec un anticyclone océanique de NE en circulation zonale 20-23 juillet 1963. Alimentation chaude.

A partir du 19 juillet 1963, une vaste zone anticyclonique s'étend, de la côte atlantique des Etats-Unis à l'Europe. Mais, le 20 juillet l'anticyclone tend à se développer sur le NO de l'Europe, et son axe passe au N du parallèle 45° alors qu'en altitude la crête anticyclonique s'amplifie sur la Péninsule Ibérique et le golfe de Gascogne. Les vents qui soufflaient déjà du NE dans les basses couches de l'atmosphère

---

(7) A. HUETZ DE LEMPS (317) p. 37.



passent alors au secteur ENE à tous les niveaux, de la troposphère inférieure à 9000 mètres d'altitude. Ainsi, l'air maritime chaud s'écoule sur la face SE de "l'anticyclone des Açores", après s'être déplacé vers le N en décrivant un vaste mouvement circulaire autour d'un axe vertical. Corrélativement, les mouvements de subsidence s'accroissent provoquant un échauffement de la masse d'air et une accentuation de la discontinuité thermique, au-dessous de 2000 m.

Cette situation synoptique est un peu plus durable que celle de l'anticyclone maritime d'O. Elle se maintient jusqu'au 23 avril et se termine dans la nuit du 24, avec l'arrivée du front chaud d'une nouvelle perturbation d'O.

#### Les aspects du temps - ses variations

Ces conditions dynamiques expliquent l'établissement d'un temps chaud sec et ensoleillé sur la plupart des régions océaniques, comme le prouve l'analyse des rythmes des divers éléments atmosphériques (fig.3.48a), selon les différentes stations. Partout, les températures enregistrées dépassent les normales et le rapport d'insolation est nettement supérieur à 75 % ; donc dans l'ensemble un temps nettement plus chaud que celui lié à l'anticyclone maritime d'O.

Cependant, une étude plus détaillée des données fait ressortir deux faits essentiels dans le cadre de cette situation, des différences régionales du temps qui sont souvent très accentuées, mais également des variations brutales des rythmes atmosphériques.

Premièrement, on retrouve les mêmes contrastes régionaux que ceux provoqués en hiver par l'installation d'anticyclone océanique centré au N de l'Espagne et qui dirige des vents d'E à NE<sup>(8)</sup> : une accentuation de beau temps du Pays Basque

---

(8) cf. Supra p. 722.

à La Galice et surtout une forte augmentation des températures du N de la Galice en direction du Minho.

Ainsi, une carte des températures maximales fait ressortir un aspect géographique fort important : l'accroissement rapide de la température du N au S. Avec ce type de temps, les limites thermiques sont disposées en gros d'ouest en ouest ; l'opposition entre la partie septentrionale de la Galice d'une part, l'ensemble de cette région et le Minho d'autre part, est beaucoup plus accusée que celle qui sépare les régions littorales des régions intérieures ; contrairement à ce qui se passe avec la situation anticyclonique précédente. On est, en effet, frappé par la permanence des maximums supérieurs à  $30^{\circ}$ , au sud d'une ligne passant par la vallée du rio Tambre et la partie méridionale du Bassin de Lugo. A peine si les températures diminuent sur les hauteurs ; le long des versants abrités des vents de NE les températures maximales restent encore élevées à des latitudes atteignant 1000 m, comme à Montalegre où le thermomètre dépasse  $28^{\circ}$ . (348 b ).

Toutefois, sur la façade du Minho, un fort gradient thermique positif peut apparaître sur une très courte distance ; les températures diurnes augmentent rapidement du littoral vers les régions surchauffées de l'intérieur. Ainsi, le 21 juillet le maximum dépasse à peine  $24^{\circ}$  à Viana do Castello alors qu'il atteint  $32^{\circ}3$  à Braga ! Ce contraste thermique favorise l'apparition de la brise de mer alternant avec des brises de terre nocturnes, comme pendant la situation précédente. Mais cette fois, la brise de mer est moins forte, sa vitesse n'atteint guère 30 km/h le 20 ; modérée, elle pénètre encore moins loin dans l'intérieur et ne permet pas à l'air refroidi au contact de l'océan d'influencer le rythme thermique de la station de Porto Serra do Pilar où les maximums sont toujours élevés. En revanche, la brise de terre, au début de la journée est plus violente, le 20 juillet à 6 h des rafales de vent d'ESE attei-

gnent des vitesses de 53 km/h. C'est que pendant la nuit et le matin, vent local et vent dû à la circulation générale s'additionnent, tandis qu'ils se contrarient pendant l'après-midi.

Deuxièmement, l'enchaînement des états de l'atmosphère présente deux phases assez différentes alors que les principales données dynamiques de la circulation générale se maintiennent.

Du 20 au 21 juillet, le beau temps chaud est général dans l'ensemble du domaine océanique avec les nuances régionales analysées précédemment. Toutefois, des anomalies apparaissent le long du littoral du Golfe de Gascogne. A St Sébastien, la température maximale augmente brutalement le 21 juillet (fig 3.48a) résultant de l'irruption d'un air chaud du SSE. A l'autre extrémité en revanche sur la côte septentrionale de la Galice, aux environs du Cap Vares, le temps est frais et devient vite brumeux. Les températures maximales atteignent à peine 20°, mais les minimums deviennent nettement supérieures aux normales tandis que les brouillards s'abattent sur le littoral et se maintiennent pendant toute la journée du 21.

Or, ce type de temps peu chaud et peu contrasté se maintient pendant les deux jours suivants. Bien plus, il semble s'étendre aux régions les plus septentrionales du domaine océanique. A partir du 22, les températures baissent et le ciel se couvre dans les Asturies et le Pays Basque ainsi que dans le N de la Galice. Le 22 juillet, la journée est plus fraîche à La Corogne où le maximum descend à 21° tandis que les thermomètres continuent à dépasser 30°, aussi bien à Vigo qu'à Porto. Tout se passe comme si les températures relativement toujours basses de la pointe extrême N de la Galice (Cap Vares) se propageaient lentement vers le Sud. Par contre, l'état de l'atmosphère dans le Minho conserve les caractères existant, au début de l'installation de la situation synoptique.



### Les causes de ces variations

L'échauffement et l'accroissement de l'ensoleillement du N vers le S trouvent leurs explications dans les mêmes facteurs dynamiques et géographiques que ceux analysés avec les anticyclones maritimes de NE en hiver. La juxtaposition de la subsidence dans les couches moyennes de la troposphère et l'étalement de l'air dans les basses couches au SO des Asturies occidentales contribuent à accentuer la stabilité de la masse d'air, évoluant vers le SE.

Mais en réalité, l'air chaud subsident dans le dôme anticyclonique ne semble pas homogène. Comme nous l'avons vu dans l'étude de la circulation générale, la zone anticyclonique maritime chaude correspond souvent à deux cellules d'air chaud qui se détachent nettement dans la moyenne troposphère et qui se déplacent vers l'E selon une trajectoire courbe N-NE SE, conséquence de leur mouvement tourbillonnaire dans le sens anticyclonique. D'abord la cellule la plus orientale, alimentée d'air chaud stagnant sur l'Afrique du N et le centre de la Péninsule Ibérique, peut atteindre le N de l'Espagne et entretenir une advection d'air chaud de S-SE (20-21 juillet). Ensuite, avec l'arrivée de la cellule atlantique s'installe dans toute la troposphère un flux plus frais de NE à E qui accentue les oppositions régionales NS en provoquant (22 juillet) une baisse sensible de la température sur les régions océaniques septentrionales (N de la Galice, régions vascocantabriques).

Mais, la diminution des températures, dans la 2ème phase, semble être également en rapport avec des facteurs géographiques et plus particulièrement avec le renforcement du courant marin froid le long de la côte N atlantique de la Galice et des Asturies occidentales. Les vents dominants à composante E créent un déplacement des eaux de l'est vers l'ouest. Compte tenu de la force de Coriolis, il se produit sur

la gauche de ce mouvement une remontée des eaux froides le long du littoral<sup>(9)</sup>. Ainsi, ce type de situation synoptique contribue donc à renforcer, sur la côte N de la Galice, cette accumulation froide dont l'existence en été représente un facteur climatique régional de première importance. Car à son tour, le courant froid agit sur l'enchaînement des états de l'atmosphère, fait varier les faciès régionaux du temps dans le cadre de cette situation synoptique. Effet devenu cause, il entraîne un refroidissement des basses couches de l'air chaud maritime et par suite provoque la formation de brouillards et de nappes de stratus bas, sur les côtes des Asturies occidentales et de la Galice septentrionale.

De fait, les photographies de satellites indiquent fréquemment la présence, au voisinage du Cap Vares, de nappes nuageuses en périodes de temps anticycloniques de NE. Les photos publiées par l'Institut Météorologie-géophysique de l'Université de Berlin pour l'été 1966<sup>(10)</sup> et celles archivées au C.E.M.S. de Lannion en offrent de nombreux exemples. On peut y suivre une évolution progressive du temps. D'abord, des formations nuageuses stratifiées (stratus bas brouillards) apparaissent et se développent effectivement le long de la côte atlantique nord de la Galice, plus exactement de la région de Luarda (Asturies occidentales) au Cap Vares. Puis, elles s'étendent vers l'ouest au-delà du Cap Ortegal, en décrivant un arc de cercle qui laisse sur sa gauche la région de la Corogne où le beau temps chaud se maintient. Mais les nappes brumeuses gagnent progressivement vers le sud et recouvrent toute la côte de la Galice septentrionale. Enfin, en accentuant leur mouvement circulaire à partir du Cap Finisterre, elles débouchent sur les côtes méridionales de la Galice et le rivage lusitanien.

Dès lors, avant l'arrivée d'un front, associé à une

---

(9) A. GUILCHER ( 286 ) p. 144.

(10) Meteo. Abh. Bd 70-99 cf. photo du 1/7/1966.

perturbation, le temps frais et brumeux peut s'étendre à tout le littoral du NO de la Péninsule. Ce nouvel enchaînement marque souvent le terme ultime de ce type de temps anticyclonique.

2°) Type de temps anticyclonique chaud avec anticyclone océanique de NE lié à une circulation de transition -  
Le 1-3 juillet 1962.

Depuis la dernière décade de juin 1962, la situation dans les basses couches de l'atmosphère est définie par un anticyclone maritime dont le centre est stabilisé au milieu de l'Atlantique N, entre les parallèles 50 et 53°. A partir du 1er juillet, cet anticyclone est alimenté par une masse d'air chaud maritime ( $\theta'_w = 14^\circ$ ,  $\theta'_{ws} = 22^\circ$  à 900 mb) qui a progressivement refoulé vers l'E. l'air polaire maritime en voie de subsidence. On peut donc considérer cette situation comme un exemple de déplacement vers le Nord de l'anticyclone des Açores. En fait, on assiste sur l'Europe du SO, à une régénération d'une cellule anticyclonique presque détachée en fin de cycle de circulation, par une nouvelle advection d'air chaud au-dessus de la Péninsule Ibérique. Une ample ondulation anticyclonique se développe donc, au cours du 1er et 2 juillet, du Sahara au centre de l'Atlantique N, et sa zone axiale passe sur le NO de l'Espagne. Les conditions dynamiques sont remplies pour provoquer une forte subsidence qui accentue le réchauffement des basses couches de l'atmosphère, dans le secteur oriental de l'anticyclone océanique (fig.3.49).

L'advection de cette nouvelle cellule chaude d'origine tropicale maritime ( $\theta'_w = 21^\circ$ ,  $\theta'_{ws} = 25^\circ$  à 900 mb) est responsable sur l'ensemble du domaine océanique d'un temps sec, ensoleillé et assez chaud. C'est même un beau temps chaud qui règne sur la Galice et le Minho : le 2 juillet à la Corogne, le maximum atteint la valeur la plus forte du mois :  $27^\circ 4$ ,



tandis que l'humidité relative descend à un niveau exceptionnellement bas 41 %. Au cours de cette belle journée ensoleillée, des vents modérés (4 à 7 km/h) s'écartent peu de la direction générale NE, avec une faible rotation de l'E le matin, au NNE le soir. Cet état de l'atmosphère agréable règne sur l'ensemble de la Galice et du Minho, bien que de fortes chaleurs soient enregistrées dans les régions plus intérieures où le thermomètre atteint jusqu'à 33°, aussi bien à Santiago-Labacolla qu'à Braga.

Toutefois, la journée paraît un peu plus fraîche à Porto où la température oscille entre 14°4 et 24°7. Sur la côte lusitanienne, la brise de mer qui a succédé à des vents nocturnes de NNE, est beaucoup plus forte qu'aux environs de la Corogne. Dans l'après-midi, les vents d'ONO-NO, soufflant entre 20 et 22 km/h, apportent un flux plus puissant, d'air plus frais qui se forme à l'intérieur de la masse d'air chaud au contact de la surface relativement froide de l'Océan.

Néanmoins se dessinent des variations régionales identiques à celles provoquées par la situation précédente. Bien que le ciel reste dégagé, le temps est plus frais le long des régions littorales du Golfe de Gascogne (fig. 3-492) ; si les températures minimales sont nettement supérieures aux normales, en revanche les maximums thermiques ne les dépassent pas. Ainsi, les vents du N-NE qui soufflent sur ces régions, correspondent à l'écoulement d'une pellicule d'air maritime refroidie au contact de la surface de l'océan. C'est d'ailleurs cette couche inférieure qui finit par atteindre la Galice septentrionale dans la journée du 3 juillet. L'analyse des radiosondages (fig. 3.49) nous montre en effet l'arrivée dans les basses couches de l'atmosphère d'un air plus froid ( $\theta'_w = 15^\circ$ , à 950 mb) qui a entraîné l'accentuation de l'inversion de température.

De plus, cette fois encore, la structure de cet anti-

cyclone maritime chaud semble être hétérogène. La cellule chaude tropicale, subsidente, venue de l'intérieur de la Péninsule s'écoule au niveau du sol que dans le NO de la Péninsule : Galice et Minho. Après avoir dépassé la chaîne Cantabrique, elle se déplace en décrivant un arc de cercle dans le sens anticyclonique, au-dessus de la masse d'air polaire maritime plus frais qui, venue de l'Atlantique commence à alimenter le secteur oriental de cet anticyclone.

I b - LES TYPES DE TEMPS ANTICYCLONIQUES TRES CHAUDS LIES A UNE  
-----  
CIRCULATION MERIDIENNE.  
-----

Cependant les plus chaudes journées estivales pendant lesquelles peuvent se produire de forts coups de chaleur, coïncident avec ces anticyclones dont les centres occupent des positions plus septentrionales ou plus continentales. Ces cellules anticycloniques s'étendent sur le NO de l'Europe tantôt sur les Iles Britanniques et la Mer du Nord, tantôt sur l'Europe centrale. Mais, cette fois elles sont plus durables, car elles sont liées à des ondulations du courant d'ouest qui augmentent d'amplitude et stagnent plus longtemps sur l'Europe Occidentale<sup>(1)</sup>. Dès lors, la façade atlantique de la Péninsule Ibérique est située soit dans les régions axiales, soit sur les faces occidentales des crêtes chaudes.

Le domaine océanique placé dans le secteur méridional de ces anticyclones atlantiques européens stables, en bordure de la dépression thermique ibérique reçoit des vents chauds venus du NE et de l'ESE. Seulement, l'originalité de ce nouveau type de temps réside dans le fait que ces courants soufflent d'une façon plus régulière pendant une période plus longue ; Puisqu'ils sont le plus souvent alimentés par des masses d'air tropical maritime et plus rarement par des masses d'air tropical d'origine continental, ils peuvent être considérés à ces latitudes moyennes comme les racines des Alizés. Mais également, nous l'avons déjà vu, les masses d'air qui s'écoulent sur le flanc S de ces anticyclones peuvent être des masses d'air polaire chaud continentalisé qui après leur passage sur la Méditerranée finissent par se confondre avec l'air méditerranéen<sup>(2)</sup>. Dès lors, les courants à composante E alimentés par ce type de masse d'air représenteraient des prolongements des

-----

(1) Cf. supra. 294.

(2) Weather in the Mediterranean VI p. 20.



vents étésiens.

Ainsi, les aspects nuancés et les variations régionales qui peuvent présenter ces types de temps très chauds anticycloniques dépendent de la nature de la masse d'air, mais également de la position géographique de l'anticyclone dont dépend l'évolution de cette masse d'air sur le domaine océanique ibérique.

- A) TYPES DE TEMPS ANTICYCLONIQVES TRES CHAUDS AVEC ANTICYCLONES SUR LE NO DE L'EUROPE - Alimentation tropicale maritime.  
-----  
-----  
-----

La situation barométrique dans les basses couches de l'atmosphère est quelque peu identique aux anticyclones maritimes chauds : une zone de hautes pressions de l'Amérique du Nord à l'Europe. Mais, ici, la ceinture de Hautes Pressions est formée d'une juxtaposition de cellules anticycloniques nettement individualisées et de structures massiques différentes, en rapport avec d'amples ondulations du courant zonal. La cellule la plus orientale est centrée sur les Iles Britanniques ; elle se prolonge en altitude par une vaste crête d'air chaud, ou par une cellule chaude isolée (cut-off high) en phase finale de circulation méridienne.

Les puissantes advections d'air chaud d'origine tropicale, et les phénomènes de subsidence alimentent des vents chauds de NNE à NE qui constituent sur la Péninsule Ibérique les points de départ des alizés maritimes, en direction des régions tropicales. Cependant, cette direction des vents entretient encore des variations thermiques entre les régions

du golfe de Gascogne et le Minho, quoique les oppositions géographiques s'atténuent entre la Galice septentrionale et le N du Portugal.

1°) Anticyclone sur les Iles Britanniques et versant occidental de crête chaude. 7-8 juillet 1959. Alimentation tropicale maritime.

A partir du 6 juillet 1959, dans la moyenne troposphère, une ondulation anticyclonique d'air chaud se stabilise sur la Péninsule Ibérique et s'étend en direction de la Scandinavie. Elle domine dans l'Europe du NO un anticyclone centré sur les Iles Britanniques et la Mer du Nord, tandis qu'une dépression thermique apparaît, pendant la journée, sur la Péninsule Ibérique. Le 7 juillet, ces conditions dynamiques se maintiennent, mais sous l'influence de la circulation générale de SO, le long de la face occidentale de la crête l'air tropical maritime subsident refoule vers le NE l'air polaire continentalisé chaud qui alimente le centre de l'anticyclone (fig.3.50). L'évolution de la structure de l'atmosphère au-dessus de la Corogne du 6 au 7 juillet résulte effectivement de l'advection d'un air chaud en voie de subsidence, d'un air tropical d'origine maritime ( $\theta'_w = 20^\circ$ , rapport de mélange = 7 g à 850 mb) qui gagne progressivement les basses couches de la troposphère (fig.3.50 ).

Cette dynamique est responsable d'un type de temps chaud anticyclonique de NE dont les aspects cependant varient à l'intérieur même du domaine océanique.

Dans la Galice et le Minho une vague de chaleur lourde s'abat dans la journée du 7 juillet. Toutes les stations enregistrent des températures élevées qui dépassent largement le seuil maximal du confort thermique et représentent les records de l'été 1959 :  $33^\circ$  à La Corogne,  $35^\circ$  à Vigo,  $37^\circ$  à

Santiago, 38° à Porto et 39° dans plusieurs stations intérieures : Tuy, Puenteáreas et Braga ! La chaleur se maintient sur les hauteurs ; à Montalegre le thermomètre atteint encore 34°5. Le temps est lourd et le ciel se couvre dans l'après-midi de nuages à développement vertical (Cu - Cb) diminuant l'ensoleillement (68 % à la Corogne, 53 % à Porto seulement). La tendance à l'instabilité par réchauffement de la masse d'air à la base se développe dans plusieurs régions. Des orages secs, sans précipitations, éclatent aux environs de Vigo et dans le Sud de la Galice, tandis que de faibles averses orageuses se produisent dans la soirée à Porto qui recueille en 10 minutes : 0,3 mm. C'est que dans les régions où le réchauffement diurne au contact du sol est élevé, la masse d'air tend à devenir convectivement instable puisque à partir de l'analyse du radiosondage de la Corogne, on obtient une température de convection TC<sup>(3)</sup> qui se situe aux environs de 38-40°.

Dans les régions vascocantabriques, le temps reste plus doux. Si les températures minimales sont élevées (18-19°) comme en Galice, les maximums thermiques n'augmentent guère et dépassent à peine les normales : 23° à Gijón et Santander, 24° à Igueldo. Cette fois encore, l'air chaud subsident ne semble pas s'étendre aux basses couches de la troposphère au N de la barrière montagneuse Pyrénéo-Cantabrique. A l'abri de cette dernière, l'air polaire continentalisé continue à s'écouler vers l'O. Effectivement, le radiosondage du 8 juillet à 00 h. TU à Bordeaux confirme bien la présence sur le bassin d'Aquitaine et le Golfe de Gascogne d'une masse d'air plus froide et plus sèche ( $\theta'w = 13^{\circ}1$  rapport de mélange = 2 g à 850 mb) dont l'épaisseur atteint près de 4 000 m. Ainsi, cette masse d'air s'affaisse le long des Asturies, puis s'étale sur la Galice septentrionale, au-delà du cap Vares.

---

(3) S. PETTERSSSEN - (538.11) p. 140 - méthode de calcul fig. 2.28.



Mais ce n'est pas simplement l'opposition entre deux masses d'air qui explique les différences thermiques entre les grands ensembles régionaux du domaine océanique, car les températures maximales enregistrées le 7 juillet, dans le Bassin d'Aquitaine sont à nouveau très élevées quoique nettement inférieures à celles de la Galice et du Portugal : Bordeaux 30°9, Pau 29°7. Il semble donc que cette masse d'air continentalisé subisse en plus un refroidissement par la base au contact des eaux de surface de l'Atlantique. Effectivement, celles-ci sont de plus en plus froides du fond du Golfe de Gascogne au Cap Vares, puisque cette fois encore les vents constants d'E à NE entretiennent un courant froid longeant les côtes des Asturies Occidentales et de la Galice Septentrionale selon les conditions analysées précédemment<sup>(4)</sup>.

De fait, la température maximale le 7 juillet à Estaca de Vares, 19°1, est beaucoup plus faible que celles des stations littorales cantabriques. D'autre part, sur la côte de la Galice septentrionale, le vent d'ENE se renforce pendant la soirée du 7 juillet et la journée du 8 ; au Cap Finistère, le 7 juillet, le vent d'ENE a bien les caractères d'un souffle modéré et régulier d'alizé, mais le soir, la vitesse du vent passe de 4 km/h à 24 et le lendemain, elle atteint 44 km/h.

Il semble donc que le terme final de l'évolution de cette situation anticyclonique soit marqué par l'irruption sur le N de la Galice de l'air polaire refroidi. L'expulsion de ce dernier dans les basses couches de l'atmosphère au-dessous de 600 m provoque un brusque refroidissement et une augmentation de l'humidité (cf. Radiosondage du 8 juillet à La Corogne fig.3.50) Dès le 8, le ciel se couvre d'un voile de St bas, marquant ainsi la fin du type de temps très chaud, et ceci bien avant l'arrivée du front froid d'une perturbation de SO qui provoque, dans la nuit et la journée du 9, des

---

(4) Cf. analyse du 20-23 juillet - anticyclone maritime chaud de NE p. 767-768.

averses orageuses dans tout le domaine océanique.

2°) Anticyclone britannique et cellule chaude isolée en altitude  
Ex. 24-26 août 1959 - La pérennité des oppositions régio-  
nales.

A partir du 23 août, les ondulations du courant zonal s'amplifient ; cette fois encore une crête d'air chaud s'étend de la façade portugaise aux Iles Britanniques. Mais, l'évolution de la circulation générale aboutit à l'étirement de cette crête, puis au détachement de la cellule d'air chaud (cutt-off high). Dans les basses couches de l'atmosphère, un centre anticyclonique stagne sur le SO des Iles Britanniques et l'O de la Manche. Le N et le NO de la Péninsule Ibérique, placés sur la bordure méridionale de ce "bloc" anticyclonique épais reçoivent des vents réguliers d'E-NE qui sont alimentés par une masse d'air tropical maritime, mélangé à de l'air polaire maritime chaud (fig.3.50B).

Ainsi, les conditions synoptiques de la circulation atmosphérique rappellent celles de la situation précédente. Elles entraînent d'ailleurs les mêmes différences régionales. Le Minho et la Galice connaissent de belles journées chaudes ensoleillées ; dans la plupart des stations, les températures maximales varient entre 28 et 33°, l'insolation relative entre 85 et 90 %, et la radiation globale atteint des valeurs journalières élevées (700 cal/g/cm<sup>2</sup> à Porto). Par contre les régions littorales du golfe de Gascogne, de San Sebastián au Cap Vares, restent plus fraîches ; les températures maximales dépassent à peine les normales : 23-24° à Santander, 20 à 21° à Estaca de Vares. Les mêmes enchaînements de relations circulation atmosphérique-océan produisent les mêmes successions des états de l'atmosphère.

Cependant, la phase finale diffère quelque peu : cette fois l'expulsion de l'air refroidi au contact de l'océan ne se fait pas sentir jusqu'à la Corogne. On n'enregistre pas au-dessus de cette station, un brusque refroidissement des basses couches de l'atmosphère. Le passage de l'état anticyclonique chaud à l'état dépressionnaire orageux s'effectue brutalement.

Dès le 26 août, le rapport d'ensoleillement descend à 70 % à la Corogne, à 60 % à Porto ; le ciel se couvre pendant l'après-midi de gros nuages, responsables de phénomènes orageux. Ceux-ci éclatent aussi bien dans le Minho (Braga) que dans le centre et le sud de la Galice où des faibles précipitations sont enregistrées à Santiago et à Vigo. C'est que progressivement la vallée froide planétaire orientale venue du continent recouvre le NO de la Péninsule Ibérique refoulant vers le N la cellule chaude détachée. Cependant, l'évolution orageuse de ce type de temps anticyclonique n'est pas due à la seule advection d'air froid en altitude. La comparaison des radiosondages du 25 et du 26 n'indique pas seulement un refroidissement dans les couches moyennes de la troposphère mais également, au-dessous de 1500 m, un réchauffement sensible de l'air au contact du sol surchauffé.

Cette évolution orageuse s'accroît le lendemain et marque le passage à une dépression stable sur la façade portugaise.



B - TYPES DE TEMPS ANTICYCLONIQUES TRES CHAUDS AVEC ANTICYCLO-  
-----  
NES CENTRES SUR L'EUROPE CONTINENTALE  
-----

Alimentation d'air chaud continentalisé, atténuation des  
contrastes régionaux.

Les fortes chaleurs estivales sont également liées à l'installation de cellules de hautes pressions stabilisées sur l'Europe Continentale. Le N et le NO de la Péninsule Ibérique, placés sur la bordure occidentale de l'ondulation anticyclonique reçoivent des flux d'E à SE, alimentés par l'air chaud continentalisé d'origine polaire ou tropicale.

Cette alimentation complexe est la cause d'une forte variabilité des températures maximales qui peuvent osciller entre 27 et 40°. Mais cette fois, les grandes oppositions régionales tendent à s'estomper, les chaleurs se généralisent du Pays Basque au Minho, sauf le plus souvent sur la côte la plus septentrionale de la Galice où un courant froid, entretenu par les vents à composante E, continue à doubler le cap Vares.

Bien sûr, le thermomètre atteint les records les plus élevés lorsque débouche dans le domaine océanique, de l'air tropical maritime continentalisé pendant son passage sur la Péninsule Ibérique ou de l'air tropical continental venu directement d'A.F.N.

1°) Anticyclone Scandinave 23-26 août 1955. Alimentation com-  
plexe méditerranéenne ou polaire chaude continentalisée.  
Les fortes chaleurs dans le Pays Basque.

Pendant l'été remarquablement chaud et sec, que connut l'Europe occidentale en 1955, des situations anticycloniques caractérisèrent exclusivement la circulation atmosphé-

rique, pendant le mois de juillet et le mois d'août. Mais, ce fut durant la deuxième quinzaine du mois d'août que les maximums thermiques les plus élevés furent fréquemment enregistrés.

C'est qu'à partir du 15 août, la grande ondulation stagnante sur l'Atlantique se déplace vers l'E pour venir se bloquer sur le continent, de la Péninsule Ibérique à la Scandinavie et entretenir un vaste anticyclone centré sur l'Europe Centrale ou l'Europe Scandinave. Les régions océaniques ibériques connaissent une situation privilégiée : tantôt sous l'axe même de la crête où la subsidence est fort active, tantôt sur la face ouest de la crête où se produisent des advections d'air chaud. Aussi, les températures se maintiennent-elles souvent à un niveau élevé : pendant onze jours sur seize, les maximums sont compris entre 25 et 28° le long du littoral du Minho et de la Galice, tandis qu'ils dépassent même fréquemment 30° dans les régions de l'intérieur (Bassin de Lugo) et les régions vascocantabriques.

En réalité ces températures varient fortement en fonction du type de masse d'air qui se déplace sur le N de la Péninsule Ibérique. Après le beau temps très chaud (températures maximales 28-30°) du 22 août généralisé à tout le domaine océanique, les températures varient plus fortement d'une région à l'autre. Tandis que les températures restent élevées à San Sébastián du 23 au 25 août, elles diminuent plus sensiblement à la Corogne et à Porto où des brouillards littoraux sont enregistrés.

La permanence d'un temps plus chaud dans les régions vascocantabriques semble être en rapport avec des advections de masse d'air chaud venu directement du bassin méditerranéen ou du continent. Sur la bordure SO de l'anticyclone Scandinave (fig.3.5<sub>12</sub>) des masses d'air d'origine variée se succèdent modifiant

le régime thermique comme tend à le suggérer l'interprétation des radiosondages effectués à Bordeaux. Du 23 au 25 août, une coulée froide polaire du Groenland en direction du Maroc, interrompt l'alimentation en air tropical maritime qui s'était développée le 22 août. De l'autre côté l'air, qui envahit, par le SE le golfe de Gascogne et le Bassin d'Aquitaine où les températures élevées se maintiennent, présente certaines caractéristiques, rappelant celles de l'air méditerranéen analysé par les météorologues britanniques<sup>(5)</sup> : ( $\theta'w = 18^{\circ}5$ , rapport du mélange 8 g à 850 mb). En revanche, le fléchissement des maximums thermiques, pendant les jours suivants, coïncide avec l'arrivée d'une masse d'air de nature différente : à Bordeaux le 25, les caractères hygrothermiques de la masse d'air sont cette fois plus proches de ceux de l'air polaire chaud continental (Pcw).

Or, ces masses d'air, en se propageant vers l'O, en direction de la Galice et du Minho, subissent une évolution au-dessus du Golfe de Gascogne et plus particulièrement au-dessus des eaux froides du courant créé par ces vents d'E. Ainsi, ce sont des bouffées d'air plus frais qui arrivent sur les régions littorales de la Galice et se rabattent ensuite sur la bordure côtière du Minho, suivant le trajet décrit précédemment avec les anticyclones maritimes à vent de NE. En outre, la proximité de la coulée polaire qui dirige un courant perturbé de NO sur le S du Portugal (fig. 3.51) doit contribuer à refroidir l'air chaud en avant du front, et à activer ainsi les condensations, génératrices des brouillards littoraux.

2°) Anticyclone sur la France. Le beau temps très chaud généralisé - Ex. le 22 août 1960.

Lors d'une circulation zonale plus rapide, l'expansion vers le N d'une cellule chaude ( $T = -5^{\circ}$  à 500 mb), issue des régions tropicales atlantiques entre les Açores et Madère,

---

(5) Op. cit. p. 24.



entraîne le développement de l'ondulation anticyclonique des courants d'O au-dessus de l'Europe. L'anticyclone centré, le 20 août 1960, sur le N de la Péninsule Ibérique et le golfe de Gascogne, se déplace vers l'E et vient se stabiliser sur la France et l'Allemagne (fig. 3.51b). Il est alors alimenté, le 21 août, par cette advection d'air chaud d'origine tropicale qui est certainement renforcé par l'air chaud continentalisé sur la Meseta Ibérique (cf. radiosondage Madrid).

Dès lors, un temps très chaud et ensoleillé règne sur l'ensemble des régions océaniques. Excepté les régions littorales des Asturies occidentales et de la Galice du N jusqu'au Cap Ortegal, ainsi que la bordure côtière du Minho où le thermomètre n'atteint pas 28°, la plupart des stations enregistrent des températures maximales nettement supérieures à 30°. Cependant cette fois encore, les plus fortes chaleurs éclatent dans le fond du golfe de Gascogne : Santander, mais également Punta Galea (37°), Igueldo (33°) sont beaucoup plus chauds que la Corogne (fig. 3.51b).

Entraîné par le flux général de S.SO, l'air chaud continentalisé sur la Péninsule Ibérique débouche plus facilement sur le fond du golfe de Gascogne en utilisant l'abaissement d'altitude entre les hautes chaînes des Cantabriques et celles des Pyrénées Occidentales. De plus, localement les échanges continent-océan varient et contribuent à nuancer les aspects géographiques du temps. Ainsi, le long du Minho, le contraste thermique continent-océan est beaucoup plus élevé et provoque un renversement plus régulier des vents. A Porto, la brise de mer qui pénètre profondément est capable de ralentir la montée du thermomètre au début de l'après-midi.

Ce type de temps se termine brutalement dans la journée du 22 avec l'irruption d'un front froid dirigé par une dépression stabilisée sur l'Atlantique N ; la température

maximale diminue sensiblement par rapport à la veille, mais le front peu actif ne fournit que des précipitations orageuses éparses dans l'intérieur de la Galice ou les Rías Bajas.

3°) Anticyclone sur l'Europe. Alimentation d'air tropical à caractère continental. Les chaleurs caniculaires en Galice du 28 août 1961.

Le 28 août 1961, une très forte chaleur étouffante règne sur toute la Péninsule Ibérique, et plus particulièrement sur le NO atlantique. Dans le Minho et en Galice où il fait plus chaud qu'en Castille, aussi chaud qu'en Andalousie et dans le Bassin de l'Ebre les records thermiques sont atteints.

A la Corogne, le maximum, 39°,6, dépasse de très loin le maximum absolu (33°,6) enregistré pendant le bimestre estival Juillet-Août au cours de la période 1931-1960<sup>(6)</sup>. Corrélativement, l'humidité relative descend à des niveaux fort bas, vers le milieu de la journée : 20 % à Porto (la normale des minimums dépasse 50 %) et 11 % à La Corogne ! Dans les régions vasco-cantabriques les maximums thermiques sont moins élevés (Iguel-do : 32°, Santander à peine 28°) mais ces températures maximales ont brutalement augmenté par rapport à la veille (près de 10°) et elles se maintiennent exceptionnellement à ce niveau supérieur pendant toute la nuit du 29.

#### Les conditions synoptiques du temps chaud.

Ce coup de chaleur suffoquante résulte de l'advection d'une cellule anticyclonique alimentée d'air chaud tropical. Le 27, un anticyclone de structure complexe s'étend de la façade atlantique à l'Europe Centrale et au bassin occidental méditerranéen. En réalité, il est constitué de deux cellules

---

(6) document photocopié de la météorologie nationale espagnole - Madrid - 1964. En outre, Porto, au niveau du sol la température maximale atteint exceptionnellement 53°4.

juxtaposées. L'une centrée sur le golfe de Gascogne et le N de l'Espagne est constituée d'une masse d'air polaire maritime chaud (cf. radiosondage à La Corogne du 27) ; l'autre formée d'air tropical s'étend sur le Bassin méditerranéen et le S de l'Espagne. Le front qui les sépare évolue sous une ondulation anticyclonique du courant d'O et reste inactif. Le temps est doux et ensoleillé dans l'ensemble du domaine océanique, sauf dans le Minho où le maximum est atteint. Mais c'est le lendemain au milieu de la journée que les températures augmentent brusquement.

Cette élévation coïncide avec l'arrivée de l'air tropical qui pousse devant lui un front chaud, relié à une perturbation de SO évoluant des Açores au N des Iles Britanniques. Mais, ce front n'est pas actif, à peine si son passage se marque par une augmentation de la nébulosité dans la nuit du 28 à la Corogne. C'est que dans la moyenne troposphère, l'ondulation anticyclonique du courant d'O s'amplifie au-dessus de l'Europe Occidentale, cause et résultat à la fois du déplacement vers le N de la cellule d'air chaud. Toujours est-il que l'accentuation du mouvement anticyclonique, dans la moyenne troposphère, provoque le renforcement des mouvements de subsidence qui entrave des condensations le long de la discontinuité frontale.

Le changement de masse d'air se concrétise donc essentiellement par une forte élévation de température et une chute remarquable de l'humidité relative , combinaison qui souligne le caractère continental de cet air chaud tropical envahissant. S'agit-il d'un air tropical maritime très subside

nt ou d'un noyau détaché d'air tropical continental ?  
Les déplacements vers le N de bouffées sahariennes, sur le bassin méditerranéen occidental et à travers la Péninsule Ibérique, ne sont pas rares en été comme l'a montré l'étude de



la circulation générale<sup>(7)</sup>. Ainsi, le 28 août, à 500 mb au-dessus de la Péninsule, les températures sont de même ordre de grandeur que celles qui règnent sur le continent africain. D'autre part, à partir de la surface isobarique 700 mb, les directions des vents en altitude soulignent le déplacement méridien de l'air chaud (fig.3-52). Surtout, l'analyse des radiosondages de la Corogne et de Madrid confirme les caractères de l'air Tc à 850 mb ( $\theta'w$  proche de  $18^\circ$ , rapport de mélange 4 g seulement) ; sur le diagramme "masse d'air" la disposition des courbes de  $\theta'ws$  et de  $\theta'w$  qui s'écartant fortement l'une de l'autre dans les basses couches de l'atmosphère, rappelle celle de ces mêmes courbes, tracées à partir des radiosondages d'Ouargla.

Cependant, la seule advection d'air chaud tropical à caractère continental n'explique pas tout. La circulation dans les basses couches et l'influence du substratum géographique contribue à faire varier les aspects régionaux de l'état de l'atmosphère.

#### Les nuances géographiques de la chaleur.

Bien sûr, les températures maximales moins élevées atteintes dans les régions vasco-cantabriques peuvent s'expliquer par le fait que l'air chaud fait irruption dans le fond du Golfe de Gascogne au cours de l'après-midi du 28, à un moment où le soleil décline. Toutefois, les variations de températures maximales sont également liées aux facteurs géographiques (fig.3.52)

Dans le détail, les nuances thermiques dépendent des conditions topographiques ; les bassins, les fonds de vallées, connaissent des températures torrides : vallée du Minho, et

---

(7) cf. supra p. 375.

surtout le bassin de Monforte où le thermomètre atteint 42° !  
En revanche, sur les plateaux élevés et les massifs montagneux, les maximums sont légèrement inférieurs, bien que la diminution avec l'altitude soit à peine sensible, puisque ces températures maximales pour les stations à 1000 m d'altitude (Alto de Rodicio, Montalegre) varient entre 33 et 35°.

Mais, c'est le long des littoraux que les variations thermiques régionales sont les plus marquées. Deux faits essentiels ressortent de la lecture de la carte des températures maximales. D'abord, une forte diminution de la température se fait sentir le long de la côte asturienne et de la côte NE de la Galice jusqu'au cap Vares. Cette fois encore, les vents dominants d'E à SE, depuis le début du mois d'août (60 % des observations) ont renforcé le courant marin de surface est-ouest dont les effets thermiques ont déjà été soulignés. Ensuite, les températures maximales sont supérieures dans les régions littorales des Mariñas à celles de la bordure côtière des Rías Bajas galiciennes et du Minho. Outre le retour du courant froid sous l'action des vents de N-NO, il faut tenir compte également de l'influence de la brise de mer. Celle-ci s'établit pendant la journée aussi bien à La Corogne qu'à Porto, mais elle semble plus forte sur le rivage lusitanien où les vents venus du large atteignent des vitesses plus élevées.

Ce type de temps très chaud est de courte durée, car le déplacement de cellule tropicale est rapide. Dès le 29, l'air polaire maritime chaud remplace l'air tropical après le passage d'un front froid inactif. Il évolue sur la bordure occidentale de l'anticyclone provoquant surtout une baisse des températures maximales. C'est réellement dans la nuit du 30 que l'arrivée du deuxième front froid provoque des précipitations orageuses et marque l'établissement d'un anticyclone peu épais d'air polaire maritime froid.

En résumé un type de temps très chaud qui présente des nuances géographiques, mais qui ne contribue pas à accentuer les grandes oppositions régionales. En particulier, il ne participe pas au fort accroissement des températures estivales du N vers le S, comme les anticyclones maritimes chauds de NE ou les anticyclones maritimes à alimentation froide, dirigeant encore des vents NE sur la Péninsule Ibérique.

#### Ic - LES TYPES DE TEMPS LIES AUX ANTICYCLONES MARITIMES A ALIMENTATION

-----  
FROIDE : Polaire maritime, Polaire maritime froid - les contrastes  
-----  
régionaux.  
-----

Comme en hiver, les expulsions d'air polaire maritime ou d'air polaire maritime froid contribuent à l'extension de la ceinture anticyclonique vers le nord, à la régénération des anticyclones subtropicaux suivant les schémas décrits depuis longtemps par les météorologistes norvégiens<sup>(1)</sup>. Ces décharges polaires donnent directement naissance à des dorsales barométriques séparées de l'anticyclone des Açores par un front froid plus ou moins actif, puis à une cellule anticyclonique qui semble se confondre avec l'anticyclone subtropical après frontolyse suivant l'évolution synoptique déjà analysée<sup>(2)</sup>. Car au fur et à mesure que l'air polaire s'étend vers le S puis le SO, il se produit une rupture de la surface de discontinuité. D'abord, en s'affaissant et s'étalant en direction du S, l'air polaire se réchauffe et finit par adopter des caractères hygrothermiques qui le rapproche de l'air chaud maritime ou bien par se mélanger avec l'air ibérique surchauffé. Ensuite cette évolution

-----  
(1) J. BJERKNES, H. SOLBERG, (72)

(2) supra p. 459.



peut être activée par l'installation progressive en altitude de la bordure orientale de la crête anticyclonique du courant d'O où les mouvements de subsidence sont renforcés.

Surtout, cette évolution a pour conséquence d'introduire de fortes oppositions régionales de l'état de l'atmosphère dans le cadre d'un même type d'anticyclone. Ces contrastes accentués contribuent ainsi à modifier les aspects de l'été d'une région océanique à une autre et, en particulier, à augmenter la pluviosité estivale des régions vascocantabriques.

L'enchaînement des états de l'atmosphère et l'ampleur des variations régionales dépendent des différentes phases du cycle de la circulation atmosphérique.

#### - A) LA SUCCESSION DES TYPES DE TEMPS D'ANTICYCLONES MARITIMES

##### ----- A ALIMENTATION FROIDE EN CIRCULATION ZONALE. -----

De fait, en été, la succession des types de temps anticycloniques se fait en fonction des passages alternés des crêtes chaudes en voie d'extension vers le N et des vallées froides du courant zonal. Celles-ci provoquent fréquemment des advections froides qui s'étalent vers le SO, en direction de la façade portugaise. L'affaîssement des expulsions polaires engendrent des cellules anticycloniques responsables de type de temps plus frais qui interrompent les types de temps chauds des anticyclones maritimes ou continentaux à alimentation chaude. Mais, en fait ces types de temps plus frais ne s'étendent pas régulièrement à tout le domaine océanique. Au début de l'expulsion polaire les successions des états de l'atmosphère varient suivant les régions.

1°) Les types de temps frais et nuageux au début de l'installation de la dorsale barométrique - Anticyclone thermique avec vents d'O. NO - Ex. 18 juillet 1960.

Ce type de temps s'établit à la limite d'un courant perturbé d'O à travers les Iles Britanniques et d'un anticyclone maritime chaud. Après le passage du front froid de la perturbation, il débute immédiatement par un accroissement sensible de la pression, dans les basses couches de l'atmosphère alors qu'en altitude s'installe le versant occidental de l'ondulation cyclonique. L'accroissement de pression est donc lié à l'affaissement de l'air froid expulsé. Néanmoins, cet anticyclone thermique peu épais provoque un changement rapide du temps ; un temps plus frais plus ensoleillé fait place à un temps doux et pluvieux.

Toutefois, le changement de temps ne présente pas les mêmes aspects dans tout le domaine océanique comme le montre l'analyse du 18 juillet. Après la traversée d'un front froid pendant la matinée, une dorsale barométrique (pression supérieure à 1020 mb) s'allonge de l'Atlantique N au Golfe de Gascogne. Bien sûr, des vents d'O à NO soufflent sur l'ensemble du domaine océanique où l'arrivée de l'air froid entretient partout des températures inférieures aux normales (fig.3.53). Mais, en revanche, l'évolution du ciel et les caractères hygrométriques du temps varient d'une région à l'autre.

En Galice, le front inactif qui présente les caractères d'un katafront selon le modèle d'Oliver, avec un air chaud et sec en altitude plus rapide que l'air froid inférieur<sup>(3)</sup> provoque de faibles précipitations au début de son passage : à peine 1 mm le 17 au soir à La Corogne, quelques pluies éparses dans l'intérieur le 18 au matin. Cependant à l'arrière du front le ciel s'éclaircit ; le voile de Sc se déchire pour faire

---

(3) E.T. STRINGER, ( 659 ) p. 434.

place à des nuages dispersés Cu ou des bancs de Ac et As. Dans le Minho, le passage de la discontinuité se marque seulement par un renforcement des vents de NO, car le soleil brille toute la journée comme le prouve la forte insolation à Porto (fig.3.53). C'est que l'étalement de l'air froid, au-dessous d'un air subsident, active vers le S la dislocation du front et empêche le développement des formations nuageuses postfrontales.

L'ambiance atmosphérique est tout autre dans les régions vascocantabriques. Du Pays Basque aux Asturies, le temps reste couvert après les fortes pluies provoquées par le front froid dans la nuit et la matinée du 18. Le temps froid couvert se maintient d'ailleurs pendant la journée du 19, avec la même situation synoptique. Bien plus, un voile épais de Sc fournit des précipitations de faible intensité qui dure, à S. Sebastien comme à Santander, une bonne partie de la journée. Nous retrouvons, de la même façon qu'en hiver, l'influence des conditions géographiques. Le relief canalise l'écoulement de l'air froid qui se heurte à la barrière cantabrique puis s'écoule vers le S à travers les collines basques. Cet effet de convergence, imposé par les conditions topographiques, vient s'ajouter à l'effet du soulèvement en bloc d'une masse d'air devenue convectivement instable à la suite de son réchauffement et de son humidification au-dessus des eaux relativement chaudes du fond du Golfe de Gascogne.

Ce premier stade de l'évolution de l'expulsion froide est de courte durée, à peine si elle se maintient 24 heures. L'air polaire continue à s'étaler vers l'E, le S et le SO amorçant un mouvement anticyclonique qui renforce la dorsale barométrique sur l'Europe. Dès lors, les vents tournent au N et au NE provoquant de nouvelles variations du temps.



2°) Evolution de la dorsale barométrique - Vents de NE et accentuation des oppositions thermiques régionales du N au S. - Ex. le 19 et 20 juillet 1960.

Ce type de temps anticyclonique est le prolongement du précédent, et résulte de l'extension de la décharge polaire vers le Sud. Donc à première vue, il semblerait inutile de l'isoler, de s'attarder ainsi à étudier un détail météorologique. Or, cette situation représente un intérêt géographique indéniable, puisqu'il contribue à expliquer la rapide dégradation du climat océanique vers le Sud en été, et par suite à rendre compte d'une différence importante entre le climat de la Galice septentrionale d'une part, de la Galice méridionale et du Minho d'autre part.

Les variations régionales de l'état de l'atmosphère.

Le 19 juillet, le ciel s'éclaircit sur la Galice septentrionale. Le soleil brille durant les trois quarts de la journée ; de longues éclaircies alternent avec les passages de quelques cumulus congestus dans l'après-midi, soulignant une évolution vers l'instabilité par réchauffement à la base de l'atmosphère. Dans le Minho, le ciel reste encore plus clair, puisque l'ensoleillement atteint dès le 19 le record du bimestre chaud juillet-août de 1960, avec un rapport voisin de 99 % à Porto. Mais, cet accroissement de l'ensoleillement par rapport au type anticyclonique précédent ne s'accompagne pas toujours d'un accroissement sensible de la température. Dans la Galice septentrionale et centrale, les journées restent fraîches et les régimes thermiques diurnes ne varient guère par rapport à celui du 18. A La Corogne, comme au Cap Finistère, le thermomètre oscille entre 16 et 20°, dans l'intérieur, à Santiago, à Lugo, les maximums sont à peine plus élevés 22°, alors que les minimums descendent à 10° et 9°.

En revanche, vers le Sud, la température augmente. Déjà à Vigo, le maximum passe brutalement à 24° au lieu de 21° la veille, tandis que le minimum reste sans changement. Cette évolution thermique se poursuit et s'accroît dans le Minho où les maximums dépassent largement 25°. Après la disparition d'un stratus bas, Porto connaît ainsi un type de temps ensoleillé sec et chaud, tempéré quelque peu par des vents de N-NO assez forts qui représentent une résultante entre les vents de la circulation générale et la brise de mer, provoquée par le contraste thermique terre-océan.

Simultanément le temps reste maussade dans les régions vasco-cantabriques. Le ciel se dégage tardivement dans l'après-midi du 20 juillet après qu'une couche de stratus épais ait continué à fournir de faibles pluies, des lloviznas, véritable crachin dans la nuit et la matinée du 20. Ensuite malgré l'apparition de belles éclaircies, le temps reste frais pour la saison avec des maximums qui n'atteignent pas les normales.

Ainsi, par rapport à la situation précédente les contrastes thermiques s'accroissent du N au S, entre les régions littorales du Golfe de Gascogne et les régions des Rías Bajas et du Minho. Cette augmentation du gradient thermique est la conséquence des évolutions thermodynamiques de la masse d'air polaire au cours de son déplacement en fonction des conditions géographiques régionales.

Dans le Golfe de Gascogne, l'air polaire pénètre directement sur le N de l'Espagne après s'être déplacé au-dessus de la surface de l'Océan dont les caractères thermiques sont loin d'être uniformes. Dans le fond du Golfe de Gascogne, l'air qui est dévié vers l'est évolue au-dessus des eaux relativement chaudes devient convectivement instable par réchauffement à la base (cf. radiosondage de Bordeaux du 20.07 fig. 3.53 ).

En revanche sur la côte occidentale des Asturies, et la partie NE du littoral de la Galice qui enregistre les températures les plus basses (maximum inférieur à  $19^{\circ}$  au Cap Vares) l'air arrive beaucoup plus frais à la suite de son déplacement sur des eaux plus froides. Dans ces régions, les vents à composante E renforcent l'accumulation des eaux froides et entraînent, suivant le processus déjà étudié, un refroidissement des basses couches de l'air où peuvent se former des stratus bas.

Ce n'est qu'au-delà des hauts massifs septentrionaux de la Galice que l'air froid commence à diverger, à s'étaler et par conséquent à devenir subsident tout au moins dans ses couches inférieures. Or ce mouvement en s'accroissant en direction du Portugal constitue un obstacle au développement des formations nuageuses. La forte insolation qui en résulte favorise l'échauffement du sol et de l'air à son contact. Un équilibre thermique s'établit ainsi entre l'air chaud antérieur et l'air froid expulsé, illustrant le processus "d'assimilation" des masses d'air froid peu épais qui se produit dans les régions à fort échauffement<sup>(4)</sup>.

Ce processus est évidemment activé par l'apparition de l'ondulation anticyclonique dans les couches moyennes de la troposphère augmentant ainsi l'épaisseur de l'anticyclone maritime.

3°) Les types de temps ensoleillés à forts contrastes thermiques NS avec un anticyclone dynamique - Ex. 28 juillet 1962.

Lors du 26 juillet 1962, l'évolution d'une dorsale barométrique, créée par une expulsion polaire à l'arrière d'une perturbation d'O sur la Manche, est à l'origine d'une même répartition géographique des états de l'atmosphère (fig.3.54).

---

(4) E.T. STRINGER, ( 659 ) p. 460.



Ce type de temps, frais nuageux et même pluvieux se prolonge le 27 juillet dans les régions vascocantabriques où la dorsale barométrique continue à être surmontée par une vallée froide du courant zonal rapide.

Or pendant ce temps, l'advection d'une cellule chaude à tourbillon anticyclonique se développe dans la moyenne troposphère au-dessus de la Galice et du Minho. Cette advection de la crête chaude, au-dessus de la pellicule d'air froid, est nettement mise en évidence par les radiosondages de La Corogne des 27 et 28 juillet. Cet air chaud d'origine tropicale ( $\theta'_w = 17^\circ$ ) s'affaisse, entraînant l'abaissement du niveau de l'inversion de température et la dislocation des voiles de Sc encore épais la veille. A Porto, mais également à la Corogne, le ciel s'éclaircit et l'insolation relative atteint des taux élevés (fig. 3.54). Cette évolution se transmet d'ailleurs le 28, dans le Pays Basque, lorsque l'ondulation anticyclonique atteint le fond du Golfe de Gascogne.

Mais cette fois encore, la transformation du ciel ne s'accompagne pas d'une forte augmentation généralisée de la température. Bien sûr, le 28 les températures maximales sont nettement en hausse aussi bien dans le Pays Basque qu'en Galice, mais elles dépassent à peine les normales. En revanche, dans le Minho, l'accroissement thermique par rapport au type de temps frais du 26, est nettement plus spectaculaire. Avec l'anticyclone dynamique plus épais, il règne un temps très chaud (Max. proche de  $30^\circ$ ) et très ensoleillé à Porto.

Cette situation prolonge donc les effets de la dorsale barométrique avec vents dominants de NE.

4°) Conclusion : Les conséquences climatiques des anticyclones maritimes à alimentation froide en circulation zonale.

En période de circulation zonale, l'enchaînement des situations synoptiques est rapide, aussi n'est-il pas toujours facile de séparer avec précision le stade de l'anticyclone dynamique épais de celui de la dorsale barométrique avec prédominance de vent de NE lorsque la décharge polaire commence à s'étaler en direction du SO. La séparation de ces deux types de situation est d'autant plus difficile que les effets sur le temps vécu sont très proches.

L'opposition fondamentale repose donc sur le critère direction du vent, plus que sur la structure même des noyaux de haute pression. Lorsque l'expulsion polaire aborde directement la Péninsule Ibérique par l'O et le NO, le temps est frais et couvert. Partout, les températures sont du même ordre de grandeur et ne dépassent pas les normales mensuelles. Seules les régions vascocantabriques qui reçoivent des précipitations de faible intensité, connaissent un état de l'atmosphère original.

Les données sont tout autres quand l'air froid s'enroule vers le SO. L'écoulement divergent de l'air froid de la Galice septentrionale au Minho, provoque alors de fortes variations thermiques. Ainsi avec les anticyclones maritimes à alimentation froide qui dirigent des vents de NE, s'établissent de fortes oppositions régionales, beaucoup plus accentuées qu'avec des anticyclones maritimes chauds. La répartition des couples thermiques maximum-minimum quotidiens en fonction des anticyclones, classés selon les vents prédominants, souligne bien le rôle essentiel de ces anticyclones maritimes polaires avec vent de NE (fig.3.55). L'ensemble des températures de Porto, se détache nettement de celui de La Corogne lorsque s'installe ce type d'anticyclone alimenté dans son secteur SE par des masses d'air d'air en voie de continentalisation.

Ainsi, avec celui-ci dans le S de la Galice et le Minho, l'état de l'atmosphère finit par essembler à celui qui accompagne l'installation de l'anticyclone subtropical des Açores. C'est dans les régions ibériques que s'appliquent le plus les conclusions de certains climatologues<sup>(5)</sup> estimant que les belles journées ensoleillées de l'été dans le SO de l'Europe ne sont pas toujours liées à l'anticyclone des Açores.

Paradoxalement, la pénétration de l'influence méditerranéenne avec un renforcement de la chaleur et de la sécheresse estivales, dans le Minho et les Rías Bajas est due surtout à l'évolution de l'air froid polaire maritime venu du N, dans le cadre d'une situation anticyclonique.

Par contre ce type de situation contribue à augmenter en valeur absolue les précipitations de l'été dans les Asturies orientales et le Pays Basque. La probabilité de ces précipitations de faible intensité en période de dorsale barométrique est élevée. Cette régularité suggère que les facteurs géographiques jouent un rôle important dans la genèse de ces pluies. Bien sûr, il peut arriver que ces pluies soient provoquées par des discontinuités à l'intérieur de l'air froid ou à des fronts secondaires entre des masses d'air de plus en plus froid, ces surfaces frontales n'étant pas toujours tracées sur les cartes synoptiques. Ainsi, le temps se modifie entre le 26 et 27 juillet 1962, alors que la situation synoptique caractérisée par la présence d'une dorsale barométrique reste la même. A partir de la nuit du 27, le temps devient plus frais et plus couvert à Santander et à S. Sébastien qui reçoit même au cours de la journée, des précipitations un peu plus fortes que celles de la veille (fig. 3.54). L'accroissement de la couverture nuageuse, la baisse généralisée de la température, font penser à l'arrivée d'une masse d'air plus froide. Il semble donc que

---

(5) P. PEDELABORDE : ( 516 ) p. 21 - G. VIERS ( 709 )  
p. 113.



l'évolution de la rétrograde de la perturbation d'O se déplaçant sur la Manche, donne naissance à une discontinuité frontale qui atteint le N de l'Espagne selon les mécanismes décrits par A. REFSDAL dès 1930<sup>(6)</sup>. Cependant on est obligé de reconnaître que les pluies se produisent avant et longtemps après le passage de cette discontinuité. Dès le 26, avec de l'air froid humide dans les basses couches, surmonté en altitude par de l'air sec, apparaissent des conditions d'instabilité potentielle qui rendent compte de la formation de pluie, lors du soulèvement en bloc de l'atmosphère, imposé par le relief.

D'autre part, dans l'étude du 19 au 20 juillet, nous avons vu que l'air froid humide peu épais présente un fort gradient thermique dans les basses couches. Dès lors, l'air devient instable lorsque se développent des mouvements ascendants intenses d'une part parce qu'il est obligé de s'élever pour s'écouler au-dessus des collines basques, et d'autre part parce que de passage dans ce col entre les Cantabriques et les massifs élevés des Pyrénées Occidentales provoque une forte convergence.

C'est dans ces conditions que l'on peut parler, pour le versant N des Asturies et dans le Pays Basque, de précipitations orographiques qui se produisent longtemps après le passage des fronts et dont la place importante dans la pluviométrie estivale a été soulignée par P. BIROT<sup>(7)</sup>. Ce type de précipitations peut d'ailleurs se poursuivre jusqu'au début de l'installation d'un anticyclone dynamique alimenté par de l'air polaire maritime. La confirmation de ce fait nous est apportée par les documents photographiques fournis par les satellites. Par exemple le 16 août 1969, une dorsale barométrique s'étend

---

(6) A. REFSDAL (577) p.235.

(7) P. BIROT (62) p. 190.

au Golfe de Gascogne à la suite de l'expulsion polaire d'une perturbation d'O, longeant le parallèle 50°. L'air froid s'étale sur toute la Péninsule Ibérique et le bassin occidental de la Méditerranée jusqu'aux abords de l'Afrique du Nord. Mais le lendemain, alors que le front froid traverse le S de l'Italie et la Grèce, l'anticyclone maritime s'allonge sur l'Europe Occidentale et devient plus épais avec l'advection d'une cellule anticyclonique chaude en altitude. La structure de cet anticyclone dynamique, alimenté dans les basses couches par de l'air polaire, est attestée à la fois par les cartes synoptiques aux différents niveaux isobariques et par le radiosondage de La Corogne (fig.3.56). Or, la photographie de Essa 8, le 17 août à 10,00 h met en évidence, non seulement l'extension géographique de la décharge polaire dont les limites sont jalonnées par des systèmes nuageux étirés sur la façade atlantique, la Tunisie et l'Italie du Sud, mais encore les variations régionales du ciel au-dessus de la Péninsule Ibérique. Tandis que l'ensemble de cette dernière, y compris la Galice, le Minho et la retombée méridionale des Cantabriques, se détache nettement sous un ciel dégagé, un voile nuageux de Sc s'étend du cap Bares au Pays Basque, couvrant la façade septentrionale des Asturies. Surtout, ce système nuageux s'épaissit au-dessus du Pays Basque et pénètre dans l'intérieur sur le bassin de Vitoria, jusqu'à la Sierra de la Demanda.

Cet appendice nuageux confirme une nouvelle fois l'effet de relief et l'effet de convergence entre les Cantabriques orientales et les Pyrénées. Ces deux effets se conjuguent pour rendre l'air instable et permettre le développement des formations nuageuses qui fournissent des précipitations dans la nuit et la matinée du 17 de Santander à S. Sebastien, c'est-à-dire des précipitations orographiques alors que l'anticyclone dynami-

que est en plein développement<sup>(8)</sup>.

- B) LES TYPES DE TEMPS FRAIS ET BRUMEUX, LIES AUX ANTICYCLONES

-----  
MARITIMES SURMONTES D'UNE DEPRESSION FROIDE EN ALTITUDE.  
-----

L'état de l'atmosphère peut changer, lorsque d'une expulsion froide plus épaisse, finit par se détacher une cellule qui donne naissance dans la moyenne troposphère à une faible dépression. Cette goutte relativement froide se stabilise sur la façade atlantique du Portugal, induite entre deux cellules anticycloniques chaudes : l'une qui évolue des Açores en direction de l'Europe, l'autre axée sur la Méditerranée Occidentale ou l'E de l'Espagne et qui représente une ondulation de la branche subtropicale du courant d'O.<sup>(9)</sup>

Mais, le tassement de l'air dans le secteur N de la colonne froide renforce dans les basses couches l'anticyclone maritime qui sur sa bordure E est peu épais. Sur cette bordure, il peut s'établir un puissant flux de NE qui accentue l'apport d'air frais. Dès lors, l'air polaire humide au contact des eaux froides qui s'accumulent le long de la Galice et du Minho où se développent des nappes de stratus bas et des brouillards.

-----  
(8) Par ailleurs, le document confirme avec ce genre de situation l'écoulement de l'air froid vers l'O, au N de la Galice à partir des Asturies Occidentales le dégagement du ciel lorsque les couches inférieures de l'air ont contourné les hauts massifs galiciens. Mais, en revanche, de petites nappes de stratus bas ou de brouillard apparaissent sur l'Océan entre le cap Ortegal et le cap Finistère; consécutives au renforcement du courant froid. Enfin la coïncidence du ciel clair et l'augmentation rapide de la température vers le S souligne bien "l'assimilation" de l'air froid et de l'air Ibérique surchauffé.

(9) Supra p. 259.



1°) Ex. 22 juillet 1964 : brouillards denses du Minho et de la Beira littorale.

Durant la dernière décade du mois de juillet 1964, nous avons pu observer dans le N du Portugal, une série d'états de l'atmosphère, caractérisée sur les régions littorales par une alternance de journées fraîches brumeuses et de belles journées chaudes à tendance orageuse.

Ainsi le 22 juillet, les températures sont médiocres pour la saison et plus particulièrement dans les régions littorales du Minho où ces maximums sont nettement inférieurs aux normales. Bien plus, si le ciel se dégage au cours de la journée dans la région de La Corogne et dans l'intérieur du Minho, le temps reste très couvert sur la côte du Minho et de la Beira Alta. Un plafond bas se maintient toute la journée et un brouillard épais s'abat dans la soirée noyant complètement l'entrée des ports comme celui de Figuera da Foz où la corne à brume résonne toute la nuit. Enfin, les régions vascocantabriques connaissent un temps continuellement nuageux qui rappelle celui des dorsales barométriques analysée précédemment.

Une puissante advection polaire s'est étalée en direction de Madère à partir du 21, donnant naissance le 22 à une colonne froide qui se stabilise au SO du Portugal tandis que l'anticyclone maritime se prolonge jusqu'à l'Europe Centrale. Le N de l'Espagne et du Portugal sont alors à la limite méridionale de l'anticyclone thermique et reçoivent directement l'air froid qui entretient des vents forts obliques à la côte, vent de NE sur la Galice septentrionale, vent de NNO le long du Minho. Au-dessus des eaux froides accumulées sur la gauche des courants littoraux activés par ces vents, l'air déjà frais et humide subit un fort refroidissement à la base favorable à la formation de brouillard.

Ce temps frais de bordure anticyclonique cesse rapidement le lendemain lorsque les masses d'air chaud tropical et ibérique mélangées envahissent l'O de la Péninsule, provoquant une forte élévation de température et une évolution vers le temps orageux.

L'enchaînement des faits se comprend mieux lorsque l'on peut observer le développement de ces nappes brumeuses à partir des photos de satellite.

2°) L'extension des brouillards littoraux le 30 juin 1967 de la Galice au Minho.

La comparaison d'observations effectuées sur le terrain pendant l'été 1967 et de documents photographiques établis par le satellite Essa 2 permet de mieux préciser les mécanismes qui aboutissent à la formation généralisée de stratus bas ou de brouillards dans les régions littorales.

- Les successions des états de l'atmosphère.  
-----

Le 30 juin 1967, de fortes oppositions régionales apparaissent alors qu'un anticyclone maritime est alimenté par une advection d'air chaud originaire de la Péninsule Ibérique. A l'E du Golfe de Gascogne, des Asturies Orientales au Pays Basque, règne un beau temps chaud ensoleillé. Sur les photos de satellite, ces régions vascocantabriques se détachent nettement avec un ciel dégagé de toutes formations nuageuses et les principales stations enregistrent des températures maximales supérieures aux normales (Santander : 25°, S. Sébastien-Igueldo : 28,1°).

-----

Si ce temps chaud, clair, s'étend également sur la Galice et le Minho extérieur, en revanche à partir des Asturies Occidentales l'état de l'atmosphère change le long du littoral. Dans la matinée, des nappes de stratus bas noient les falaises élevées et les hauteurs littorales sur les côtes occidentales de la Galice où il règne un temps lourd et moite, avec des températures élevées (26 à 27° à La Corogne et Vigo). Simultanément, le temps brumeux est beaucoup plus frais au N, entre le cap de Peñas et le Cap Vares; au Sud, le long du littoral du Minho où les maximums thermiques sont inférieurs aux normales (Estaca de Bares 19°, Porto 21°,8). Puis le temps maussade gagne dans l'après-midi toutes les régions littorales alors que quelques orages locaux éclatent dans les Asturies Occidentales, comme à Luarca.

Le même type de temps s'affirme le 1er juillet, le temps nuageux se propage vers l'E et les températures baissent sensiblement dans le Pays Basque (Igueldo 23° seulement). Surtout, le ciel s'obscurcit sur tout le littoral ; de la Galice au Minho, une couche de stratus bas pénètre plus profondément dans l'intérieur (cf. photo de satellite), baignant caps et promontoires . Cette ambiance humide et froide se maintient jusqu'à l'après-midi du 2 juillet où l'arrivée d'un front froid provoque de faibles précipitations dans la Galice septentrionale. Mais entre temps, le mauvais temps pluvieux s'est installé définitivement dans le Pays Basque qui enregistre des pluies au cours de la nuit, bien avant l'arrivée du front dans le cadre d'une situation anticyclonique !



- L'origine des fluctuations des états de l'atmosphère.  
-----

Car, ces différentes successions des états de l'atmosphère sont liées pendant ces deux jours à une situation apparemment homogène : un vaste anticyclone maritime allongé des Açores à l'Europe et qui dirige des vents d'E sur sa façade méridionale, à la limite de la dépression ibérique. Cette constatation confirme bien la difficulté d'interpréter les types de temps en se limitant à une classification des situations synoptiques. Avec une telle situation de contact, des fluctuations de la circulation atmosphérique en altitude peuvent entraîner de fortes variations importantes du temps.(fig.3.57a).

En fait, ce développement du temps brumeux est la conséquence de l'évolution de la circulation atmosphérique sur la façade atlantique de l'Europe occidentale, depuis le 27 juin 1967. Elle correspond au modèle de circulation zonale rapide, caractérisé par l'engrenage des cellules chaudes anticycloniques issues de l'Atlantique occidentale et de celles développées au-dessus de la Péninsule Ibérique. Or suivant le mécanisme déjà étudié, la cellule chaude, venue de l'Atlantique Centrale, sépare au cours de son déplacement rapide vers la France, une colonne froide d'une expulsion polaire qui s'étalait en direction de Madère à partir du 27 juin.

Cette colonne stagne au SO du Portugal, tandis qu'une seconde cellule d'air chaud, venue de la Péninsule, envahit le domaine océanique renforçant l'anticyclone maritime sur sa façade SE. Cet anticyclone dynamique est l'origine du temps chaud avec vent de NE, sur l'ensemble de la Péninsule le 29 et le lendemain 30. Mais déjà, la photo de satellite indique le développement d'une nappe de stratus bas à partir de la côte septentrionale de la Galice et en direction de la côte du Portugal, en fonction du refroidissement progressif des

basses couches de l'air chaud, au contact du courant froid renforcé par les vents de NE.

Toutefois, l'extension de ce plafond bas et de ce brouillard dans la journée du 30 juin et du 1er juillet, n'est pas dû seulement au retour de l'air chaud refroidi au contact de l'Océan froid. Il faut tenir compte également d'une nouvelle expulsion froide dont le déplacement vers le Sud est facilité par la présence de la dépression froide en altitude. Cette advection d'air froid en altitude accroît d'abord l'instabilité de l'air sur la côte des Asturies, d'où la formation d'orage. Ensuite elle réalimente la dépression qui tend à se rapprocher du Portugal. C'est dans les basses couches de l'atmosphère, à la limite de cette colonne dépressionnaire, que se fait le mélange de cet air frais et de l'air antérieur relativement plus chaud et plus humide. Il en résulte le développement des nappes de stratus bas et de brouillard sur la façade O atlantique, et le refroidissement qui atteint d'abord le Minho.

Enfin, c'est encore la convergence de l'air froid soulevé au-dessus du Pays Basque qui est responsable de pluies orographiques dans cette situation de hautes pressions barométriques.

#### - C) LES TYPES DE TEMPS D'ANTICYCLONES MARITIMES EN CIRCULATION

-----  
MERIDIENNE N.  
-----

Comme en hiver, mais moins fréquemment, les puissantes advections d'air froid dirigées par d'amples vallées planétaires n'entretiennent pas seulement des courants perturbés de N, elles alimentent également des anticyclones océaniques sur la façade de l'Europe occidentale. Ceux-ci offrent des surfaces étirées en latitude, s'étendant jusqu'à l'Islande et la Scandinavie.

Cependant, cette forme de champ barométrique présente deux types de structure. Les uns peu épais, entretenus seulement par la subsidence d'origine thermique de l'air froid, sont surmontés par le versant occidental de la vallée planétaire et font régner un temps instable. D'autres, en revanche, peuvent être considérés comme des anticyclones dynamiques, car la cellule de hautes pressions au sol se prolonge en altitude, à la suite du déplacement vers l'E de la crête d'air chaud dont l'arrivée tend à augmenter la subsidence.

- 1°) Anticyclone atlantique thermique, en circulation méridienne  
Type de temps frais de N faiblement pluvieux. Ex. du 27-29  
Juin 1963.

Après une phase de circulation zonale qui dure plus d'une décade du 12 au 25 juin 1963, le développement d'une crête chaude du courant d'O en direction de l'Islande s'accompagne de l'extension d'une vallée froide de la Scandinavie à la Péninsule Ibérique. Cette évolution vers une circulation méridienne lente entraîne à partir du 27 la stabilisation d'un anticyclone atlantique, étiré en latitude, des Açores jusqu'à l'Islande. Toute la façade occidentale de l'Europe, et plus particulièrement les régions océaniques de la Péninsule Ibérique, sont placées, après le passage du front froid d'une perturbation de NO, dans le secteur oriental de l'anticyclone où soufflent des vents à dominante N.

- a) Le mauvais temps s'accroît dans les régions vasco-  
cantabriques.

Dès lors, en ce début d'été 1963, il règne sur la Galice et le Minho, un temps de plus en plus frais. A La Corogne comme à Porto, les maximums diminuent régulièrement du 26 au 29 : ils passent de 18°4 à 16°2 pour la première station, de 25°5 à 22°2 pour la seconde. C'est surtout à partir de la nuit



du 28, que se fait sentir le refroidissement, avec la chute des minimums qui restent inférieurs à 13° à La Corogne, à 12° à Porto. Bien plus, sur les hauteurs inférieures à 1000 m d'altitude, le thermomètre enregistre des températures minimales à peine supérieures à 6°, comme à Montalegre, c'est-à-dire près de la moitié de la normale des minimums de juillet. Cependant dans ces régions, le ciel reste clair et les phénomènes d'instabilité sont limités. Les journées sont ensoleillées et l'insolation augmente de la Galice septentrionale au Minho où le soleil brille pendant toutes les journées des 28 et 29 juin.

La nébulosité augmente bien en Galice le 29, mais un voile de Sc fournit seulement des pluies fines de très faible intensité en quelques points de la Galice septentrionale ; tout au plus 0,4 mm à la Corogne dans la matinée du 29. Seuls les versants exposés au N des massifs de cette région enregistrent des précipitations orographiques plus importantes, comme la station de Fonsagrada qui reçoit plus de 10 mm dans la nuit du 28.

Car vers l'E en direction du Pays Basque, le temps est de plus en plus couvert et de plus en plus humide. En réalité, au début du 27, les régions vascocantabriques sont plus directement soumises au flux perturbé de NO dirigé par une dépression évoluant sur la France.

Le front froid qui se dirige vers le S de la Péninsule provoque d'abondantes précipitations dans la soirée du 26, et la matinée du 27. Mais des pluies de faible intensité se poursuivent dans la nuit du 28 alors que la pression augmente et que l'anticyclone s'installe définitivement, accompagné d'un temps nuageux et froid pour la saison (fig.3.57b).

b) L'évolution de l'air polaire maritime froid.

Cette baisse des températures est la conséquence de l'invasion progressive d'une masse d'air polaire de plus en plus froid, qui refoule une masse d'air maritime plus doux. En fait, l'air froid s'écoule sur la bordure d'une anticyclone peu épais, surmonté en altitude par le versant occidental d'une vallée planétaire où s'écoule un courant rapide d'air froid et sec. La structure verticale de l'air froid expulsé présente donc de fortes conditions d'instabilités potentielle (cf. Radiosondages de La Corogne) qui explique les pluies enregistrées sur les hauts plateaux de la Galice orientale, et dans le Pays Basque bien après le passage du front froid. L'affaissement et le faible réchauffement de l'air polaire permet finalement l'apparition d'un temps froid de traîne avec alternance d'éclaircies et de passages de nuages à développement vertical (Cu et Cb) qui fournissent quelques averses éparses.

Les phénomènes de subsidence s'accroissent vers le S, en direction du Minho. Dans cet anticyclone thermique peu épais, ils résultent d'abord de l'affaissement de l'air froid s'établissant sur la Péninsule, à l'arrière du front froid qui finit par "s'effacer" sur le N du Portugal. La frontolyse et l'arrêt des mouvements ascendants à l'intérieur de l'air froid sont en outre activés par les conditions dynamiques de l'écoulement de l'air. Ainsi, le vent s'accroît avec l'altitude et très rapidement, à partir du niveau isobarique 600 mb, suivant une disposition qui rappelle celle des discontinuités inactives du type katafront.

En résumé, ce type d'anticyclone maritime thermique en circulation méridienne N est responsable de journées froides, pour l'été, dont l'ensoleillement augmente des régions vasco-cantabriques au Minho.

2°) Les états de l'atmosphère très contrastés avec l'anticyclone maritime dynamique à alimentation froide en circulation méridienne N - Ex : le 16 juillet 1965.

Cette situation synoptique est définie par le secteur oriental d'un anticyclone maritime encore étiré en latitude, des Açores à Islande, ou des Açores à la Scandinavie. Mais cette fois, il se prolonge en altitude, car la bordure de l'ondulation du courant d'O a remplacé le versant de la vallée froide précédente. Toutefois, ce déplacement vers l'est est très limité, et rarement l'anticyclone dynamique s'étend jusqu'au fond du Golfe de Gascogne. De sorte que les régions vascocantabriques continuent à connaître un temps frais et très nuageux.

En revanche, sur la façade atlantique où s'est étendu l'anticyclone maritime le temps s'améliore ; les vents de NNE sont moins froids et la journée est nettement plus ensoleillée. Cette amélioration apparaît le 16 juillet 1965 lorsqu'une dorsale anticyclonique froide qui prolonge l'anticyclone des Açores jusqu'à la Scandinavie, commence à être surmontée par une ondulation anticyclonique du courant d'O. A La Corogne, où le thermomètre varie entre 15° et 20°, les températures sont plus clémentes et la nébulosité beaucoup plus faible, malgré l'apparition l'après-midi de Cu et de bancs Sc. Bien plus vers le S, le temps ensoleillé devient franchement chaud. Le soleil brille toute la journée dans les Rías Bajas et le Minho ; là les maximums thermiques atteignent des valeurs élevées : 28° à Pontevedra et Vigo, 32° à Braga !

L'amélioration du temps est liée à un renforcement des mouvements descendants. Car à la subsidence thermique, due à l'affaissement de l'air froid de la décharge polaire, vient s'ajouter en altitude la subsidence dynamique provoquée par



l'advection d'une cellule anticyclonique. Il en résulte une opposition encore plus grande entre d'une part, une couche inférieure de la troposphère convectivement instable et, d'autre part, une couche moyenne et supérieure subsidente sèche. L'inversion thermique qui se produit entre 1000 et 1500 m, arrête le développement vertical des nuages qui se forment dans les niveaux les plus élevés de la couche froide instable.

Or, l'accroissement de la subsidence vers le S, renforce les variations de l'état de l'atmosphère entre la Galice septentrionale et le Minho, suivant un mécanisme identique à celui qui fonctionne lors de l'anticyclone maritime froid en circulation zonale. Faute de radiosondage dans la région du Minho, on ne peut que reprendre les hypothèses émises lors de l'analyse du type de temps anticyclonique polaire en circulation zonale<sup>(10)</sup>. Le plus fort ensoleillement permet à la masse d'air de se réchauffer à la base, au contact d'un sol plus chaud. Mais cet accroissement n'est possible que parce que les nuages ne peuvent se former. Il faut donc envisager une accentuation du réchauffement et de l'assèchement de l'air chaud de l'ondulation anticyclonique dans la moyenne troposphère. C'est l'expansion de cet air chaud subsidant vers les niveaux inférieurs qui diminue l'épaisseur de la couche froide convective. Or, justement d'après les cartes en altitude, le S de la Galice et le Minho sont plus proches de la racine de la crête planétaire où la valeur négative du tourbillon anticyclonique est plus élevée, et où les mouvements subsidents sont plus puissants.

En résumé, contrairement à ce qui se passe en hiver, le type de temps anticyclonique méridien de NNE ne diffère guère, des anticyclones océaniques à alimentation polaire en circulation zonale. L'action du substratum géographique écheuf-

---

(10) Supra p. 795.

fé atténue l'action de l'invasion polaire froide directe qui alimente dans les basses couches l'anticyclone maritime dynamique.

3°) Types de temps contrastés avec anticyclone maritime à alimentation chaude, dégénérée en circulation méridienne N

Ex. 27 août. 1969

Nous retrouvons les mêmes aspects du temps avec un anticyclone dynamique chaud centré sur le N de l'Atlantique. L'air maritime chaud qui s'est écoulé sur des régions plus septentrionales alimente les vents de N à NE plus frais que lors de l'installation des anticyclones maritimes chauds en circulation zonale. Le refroidissement de ces couches inférieures au contact du courant froid intervient également de sorte que les températures dans le N de la Galice dépassent à peine les normales et sont du même ordre de grandeur que les températures en période d'anticyclone à alimentation froide. La Galice septentrionale connaît encore un temps doux et assez nuageux, tandis que le temps est plus couvert sur les régions vascocantabriques. Mais cette fois encore, le temps est très chaud et ensoleillé dans les Rías Bajas et le Minho.

Ces différences régionales s'accroissent pendant la phase finale de ce type d'anticyclone lorsqu'une coulée polaire entretient un courant perturbé de N ou alimente une dorsale barométrique. Son irruption donne lieu au déplacement d'un front froid qui chasse vers le S, l'air chaud de la cellule anticyclonique. Il en résulte, bien avant l'arrivée du front froid, de fortes variations des états de l'atmosphère qui sont responsables du renforcement des oppositions régionales.

Ainsi, cette évolution peut être illustrée par la situa-

tion du 27 août 1969 au matin, pour laquelle nous possédons un document photographique pris par le satellite Nimbus 3 (fig.3.59 ). Depuis quelques jours, un anticyclone maritime à alimentation chaude est centré sur l'Atlantique N et dirige sur la Péninsule Ibérique des vents de NE doux créant des variations régionales du temps que nous venons de décrire. Or, dans la nuit du 27 un front froid lié à une perturbation de NO sur la France commence à envahir le Golfe de Gascogne. Dans la matinée, alors qu'il n'a pas encore atteint le N de l'Espagne, le ciel est fortement couvert au-dessus de cette région.

Du cap Vares aux Pyrénées Occidentales, sur les hauteurs les plus septentrionales de la Galice (Sierra del Gistra, Sierra de Meira etc...) sur les Cantabriques et la Sierra de la Demanda, s'étend une vaste nappe de Sc qui s'épaissit principalement au-dessus du pays Basque où des faibles pluies ont été enregistrées pendant la nuit et la matinée. En revanche, l'ensemble de la Galice, le Minho et la retombée Sud des Cantabriques sont entièrement dégagés et le soleil brillera presque toute la journée. Ainsi, entre les régions vascocantabriques d'une part, et la Galice méridionale, le Minho d'autre part, les différences des aspects du ciel s'accroissent par rapport à la veille.

En réalité, l'air chaud et humide chassé vers le sud par le front froid, se heurte au cours de son déplacement aux massifs élevés du N de l'Espagne. Sur cette bordure septentrionale, il se produit alors un fort courant de convergence qui semble être attesté par l'accélération brutale du courant d'O-NO en altitude (cf. radiosondage de La Corogne) véritable jet local, le long duquel se développe une bande étroite de nuages élevés, jet de vapeur bordant la côte N de l'Espagne. Convergence et soulèvement en bloc de l'air maritime chaud expliquent donc le développement de la masse de Sc dans les



basses et moyennes couches de l'atmosphère, d'autant plus qu'à ces niveaux le relief canalise l'écoulement de l'air accentuant localement les mouvements de convergence. Ainsi, il pleut plus sur le Pays Basque où les basses couches plus fraîches et plus humides de la masse d'air maritime s'engouffrent vers le S en direction du bassin de Vitoria, de la Sierra de la Demanda.

En revanche, au S des hauteurs septentrionales de la Galice et des Cantabriques les mouvements de subsidence s'accélèrent par suite de la divergence des courants inférieurs qui contournent les obstacles topographiques, et de l'affaiblissement des couches moyennes et inférieures. A nouveau, la forte insolation permet le mélange de l'air maritime venu du N et de l'air chaud continental ibérique, expliquant la rapide élévation de température entre les Rías Altas (La Corogne 18° à 12 h) et des Rías Bajas (Vigo 26°).

#### C O N C L U S I O N

=====

L'interprétation des temps associés à ces cellules de hautes pressions en circulation méridienne est, en fait, très délicate ; les limites entre le courant perturbé et la dorsale barométrique puis les limites entre celle-ci et l'anticyclone dynamique sont difficiles à déterminer avec précision. Quoiqu'il en soit, ces types de situation anticyclonique contribuent pendant la saison chaude à accélérer la dégradation du climat océanique tempéré de la Galice au Minho et à rendre plus pluvieuse les régions vascocantabriques.

## - II - LES TYPES DE TEMPS CYCLONIQUES EN ETE

=====

Pendant la saison chaude, la classification de ces types de temps repose encore sur le caractère relatif de l'ambiance atmosphérique liée à la nature de la perturbation qui affecte le domaine océanique. Le même modèle de perturbation peut donner à l'homme la même sensation en été qu'en hiver, mise à part l'écart thermique absolu, dû à l'effet saisonnier. Ainsi, une perturbation de SO sur l'Atlantique est responsable d'un temps plus doux que celui engendré par une perturbation d'O. De même, une perturbation qui traverse la Péninsule, en suivant une trajectoire NE fait régner un temps plus désagréable, frais et humide. En outre, chaque type de perturbation doit entretenir les mêmes variations régionales des successions des états de l'atmosphère, en fonction de la direction de sa trajectoire par rapport aux principaux accidents topographiques.

Dans ces conditions, une étude des types de temps cycloniques en été devrait donc se contenter de rappeler les principaux effets atmosphériques de chaque type de situation synoptique, analysés dans le cadre de la saison froide, en apportant quelques précisions statistiques relatives aux températures et aux intensités pluviométriques.

En réalité, on ne peut limiter la description d'une saison à une simple étude fréquentielle des situations synoptiques. Nous savons déjà que les données généralisées de la circulation atmosphérique présentent des caractères originaux en été. L'extension des cellules d'air chaud vers le N refoule en direction du pôle l'axe des grands courants d'O, de sorte que ce sont le plus souvent les extrémités des vallées froides

planétaires qui atteignent le SO de l'Europe. Et, lorsque celles-ci s'allongent vers le S, coincées entre, d'une part les cellules chaudes atlantiques et d'autre part les dômes d'air chaud méditerranéen, elles se disloquent rapidement laissant sur la Péninsule Ibérique ou sur son pourtour ces "gouttes froides" isolées, ces colonnes dépressionnaires détachées (Cutoff-low) responsables du mauvais temps pluvieux aux aspects variables.

En outre, les facteurs géographiques régionaux se modifient par rapport à ceux de l'hiver. Bien sûr, les conditions topographiques restent immuables et l'action du relief sur l'évolution des perturbations, sur les transformations adiabatiques des masses d'air en voie de soulèvement ou d'affaissement en bloc, répond aux mêmes lois physiques. En revanche, les bilans énergétiques varient fortement et sont susceptibles de modifier la nature des masses d'air et par conséquent celle des surfaces de discontinuité. Nous avons vu que le dôme d'air chaud qui se développe au-dessus de la Meseta Ibérique peut s'étendre sur la façade portugaise et par "assimilation" des fronts s'opposer à l'extension vers le S de l'activité des fronts. Egalement, les fortes variations de l'échauffement des eaux océaniques sur le pourtour de la Péninsule introduisent des données nouvelles ; surtout la concentration d'eau relativement plus chaude dans le fond du Golfe de Gascogne y facilite l'évaporation, entraînant un transfert d'énergie plus important de l'océan à l'atmosphère. Ainsi, les basses couches des masses d'air maritime sont-elles plus chaudes et plus humides lorsqu'elles abordent par le N les régions vascocantabriques.

De sorte que, si la fréquence de la circulation cyclonique diminue en été, expliquant en première analyse le creux estival de tous les régimes pluviométriques de ces régions océaniques, la convergence de tous ces facteurs modifiés contri-



bue à donner à cette circulation cyclonique des aspects nouveaux. Car, la différence, en ce qui concerne les précipitations, entre l'été et l'hiver n'est pas uniquement de nature quantitative. La variation la plus importante se situe également au niveau de la genèse même des pluies. Par exemple au cours des deux mois de juillet-août, les courants perturbés d'O qui font régner sur la Galice septentrionale le mauvais temps doux pendant 13% des jours apportent des précipitations qui représentent 25% des moyennes pluviométriques mensuelles, tandis que pour le bimestre décembre-janvier les proportions sont respectivement 20 et 55 %. En revanche, nous avons vu que durant le mois de juillet, la proportion des pluies provoquées par les gouttes froides isolées à La Corogne se rapprochent de celle de Madrid<sup>(1)</sup>.

Enfin et surtout, si tout le domaine océanique connaît une diminution de la circulation cyclonique en été, comme l'a déjà souligné P. BIROT<sup>(2)</sup>, c'est du côté de l'originalité saisonnière des effets des situations dépressionnaires qu'il faut, en définitive, rechercher les causes d'une plus forte pluviosité estivale des régions vascocantabriques par rapport à celle de la Galice et du Minho. Dans le Pays Basque, d'une part les perturbations d'O deviennent relativement plus actives et d'autre part les "gouttes froides" détachées y sont responsables plus fréquemment de précipitations intenses, voire diluviennes.

L'analyse des types de temps cycloniques doit donc s'efforcer de dégager ces originalités pour expliquer les variations géographiques importantes du climat océanique.

---

(1) cf. supra p. 348.

(2) P. BIROT & J. DRESCH ( 62 ), p.190.

## IIa - LES TYPES DE TEMPS CYCLONIQUES CHAUDS ET ORAGEUX.

-----

Les journées chaudes orageuses sont dues à des situations dépressionnaires évoluant sur la Péninsule Ibérique. Les minimums barométriques qui apparaissent alors sur cette région sont toujours liés à des colonnes cycloniques froides isolées du courant zonal (cutoff-low). Bien sûr, l'arrivée de ces cellules provoquent souvent l'advection en altitude d'air froid qui, venu de l'Ouest ou du Nord-Ouest, surmonte de l'air chaud et crée ainsi des conditions d'instabilité conditionnelle, par accroissement du gradient thermique vertical. Mais, souligner la simple présence de la "goutte froide" en altitude, ne suffit pas à expliquer l'évolution de ce type de temps et surtout à rendre compte de ses variations géographiques.

Nous retrouvons, ici, le problème que F. Durand Dastès a posé à propos de l'origine des précipitations estivales des régions continentales<sup>(1)</sup>. Car, malgré ces conditions générales de la circulation atmosphérique, malgré la présence de la goutte froide en altitude, les régions littorales et plus particulièrement les régions côtières du N de la Galice, reçoivent des précipitations beaucoup plus faibles que les régions intérieures. Il est donc incontestable que le réchauffement diurne des basses couches de l'air chaud, au contact du sol, accentue l'instabilité de l'atmosphère permettant le déclenchement des précipitations orageuses.

Surtout, l'évolution du caractère orageux du temps et ses aspects régionaux dépendent du contraste entre l'air froid

-----

(1) F. DURAND DASTES, ( 187 ), p. 142.

de la cellule cyclonique et l'air chaud qui pénètre dans cette colonne dépressionnaire (vortex) et s'y refroidit brutalement<sup>(2)</sup>  
La répartition des phénomènes de condensation, des manifestations électriques et des aspects pluviométriques dépendent alors de :

- l'alimentation et la position de la "goutte froide" en altitude.

- la nature, des caractères hygrothermiques, de l'air chaud qui pénètre dans cette colonne froide.

- A) LES ASPECTS GENERAUX DU TEMPS CHAUD PLUVIEUX ET ORAGEUX

-----  
LIE A UNE DEPRESSION IBERIQUE.  
-----

La dépression dynamique qui peut se former sur la Péninsule Ibérique à la suite de la stagnation sur cette région d'une colonne froide isolée contribue surtout à opposer les régions littorales océaniques aux régions intérieures. Cette situation est responsable d'une généralisation du temps chaud et orageux sur l'ensemble de ces régions. Mais, alors que des averses violentes peuvent se produire sur la Meseta et dans le Minho, il ne pleut guère en Galice et dans les régions vascocantabriques.

1°) Les oppositions régionales avec la dépression dynamique ibérique. Ex. 6-7 août 1959.

L'évolution de la situation synoptique du 6 au 7 août 1959 illustre fort bien cette position géographique. Pendant ces deux jours, les pluies tombent sur la Meseta et sur les régions montagneuses périphériques (fig.360 ) où elles attei-

-----  
(2) Cf. la pénétration des filets d'air chaud dans colonnes dépressionnaires Surpa p.418.



gnent de fortes intensités en fin d'après-midi. Dans le Minho, on retrouve les mêmes épisodes pluvieux associés à des phénomènes orageux similaires. A Porto, le pluviomètre enregistre 23,8 mm le 6, mais 23,4 mm sont recueillis en 1 heure seulement entre 16 h et 17 heures. C'est donc un déluge qui s'abat en quelques instants et au cours duquel une averse plus violente fournit 12 mm en 10 minutes. L'intensité est encore plus forte sur les hauteurs septentrionales (Serra do Gerez et surtout Serra de Peneda). Mais, si dans le S de la Galice, les nuages à développement vertical provoquent encore quelques pluies orageuses ; en revanche, celles-ci cessent complètement sur la Galice septentrionale, au Nord de la vallée du Rio Tambre. Les régions vascocantabriques connaissent également un temps chaud et orageux, mais les pluies y sont généralement faibles et inégalement réparties ; insignifiantes dans le Pays Basque elles sont plus importantes dans la région de Santander.

Pourtant, la situation synoptique n'est guère différente d'une région à l'autre. La Vieille Castille, le Minho et le N de l'Espagne sont situés dans le secteur NO d'une dépression ibérique à l'intérieur de laquelle les météorologistes n'ont pu déterminer la formation d'une surface frontale. Mais, cette dépression n'est pas le minimum thermique de la Péninsule Ibérique en été, elle représente en fait la base d'une colonne cyclonique, légèrement inclinée vers l'Ouest, et qui provient de l'isolement de l'extrémité d'une coulée polaire à l'intérieur du courant zonal chaud. De sorte qu'au niveau 500 mb, apparaît une goutte froide centrée sur le Sud du Portugal et étendue à toute la Péninsule, véritable cellule cyclonique induite, encadrée du N au S par des cellules anticycloniques. Mais, on ne peut ici se contenter d'expliquer les fortes pluies sur certaines régions ibériques par la seule présence de cette goutte froide qui se révèle incapable de fournir la moindre précipitation au NO de la Galice. D'autre part, les régions de Lisbonne et de l'Alemtejo ne reçoivent pas de pluie alors

qu'elles sont placées dans la zone centrale de la goutte froide.

En fait, l'évolution orageuse de ce type de temps et la répartition des précipitations qu'il provoque résultent de la combinaison d'un facteur dynamique et d'un facteur thermique. La localisation des régions pluvieuses de secteur est et nord-est de la colonne cyclonique suggère la pénétration à l'intérieur de celle-ci de l'air maritime chaud évolué, humidifié sur la Méditerranée Occidentale, d'où un fort gradient thermique à la fois dans le sens vertical et dans le sens horizontal. Au-dessus de Lisbonne, dans les basses et moyennes couches de la troposphère cet air arrive plus froid qu'au-dessus de Madrid ou de La Corogne. Par suite, le taux de décroissance de la température avec l'altitude est plus fort dans l'intérieur et le nord de la Péninsule Ibérique. Mais, le facteur déterminant du déclenchement des précipitations orageuses est le réchauffement diurne à la base de cet air polaire maritime évolué. L'analyse des radiosondages de Madrid et de La Corogne du 6 août est significative à cet égard (fig.3.61b). L'augmentation élevée de la température des basses couches tend à rendre l'atmosphère instable au-dessus de la Meseta et du Minho. Ainsi, les maximums  $27^{\circ}$  -  $28^{\circ}$ , atteints au début de l'après-midi à Porto et à Madrid, se rapprochent fortement de la température de convection ( $29$  à  $30^{\circ}$ ). En revanche, à La Corogne où il ne pleut pas et dans les régions vascocantabriques, où les pluies sont dans l'ensemble faibles, le thermomètre ne dépasse pas  $24^{\circ}$ - $25^{\circ}$ .

Ainsi, avec ce type de situation, la thermoconvection semble bien intervenir pour accentuer les conditions d'instabilité réalisées par la circulation atmosphérique générale, et pour activer les phénomènes orageux. Surtout, elle contribue, dans ce cadre synoptique, à accuser les différences entre les régions intérieures où les pluies orageuses sont plus intenses

et les régions littorales où les précipitations sont plus limitées. Ce contraste apparaît régulièrement lorsqu'une faible dépression stagne sur la façade atlantique de la Péninsule alors que plus au N le courant zonal ondule rapidement.

2°) Le renforcement des contrastes entre les régions littorales et intérieures dans le secteur oriental de la dépression lusitanienne. Ex : fin juillet 1964. (fig. 3.61).

Durant la dernière décade de juillet 1964, nous avons pu observer des enchaînements d'états de l'atmosphère qui se renouvellent fréquemment en été et varient des régions littorales à l'intérieur du Minho et de la Beira. Dans les régions littorales, de Figueira da Foz à Porto, alternent des jours de temps brumeux et des jours ensoleillés de forte chaleur. Tandis que, les hauts plateaux intérieurs de la Beira Alta, de l'Alto Douro et du Tras os Montes connaissent des coups de chaleur torride, interrompus par des orages parfois violents, comme celui du 29 juillet 1964 qui occasionna d'importants dégâts dans les champs de maïs de la région de San Pedro do Sul et de Villa Real.

Alors que dans l'après-midi, le ciel est dégagé sur le littoral on peut apercevoir vers l'intérieur d'énormes cumulonimbus. Ils se déplacent du SSE vers le NO et semblent venir de l'intérieur de la Péninsule. Ainsi le 23 juillet, des nuages d'instabilité partant de la Beira Baixa, se développent sur les Massifs montagneux (Serra da Estrela) et provoquent des averses d'intensité moyenne dans la région de Celorico da Beira.

Or, la situation synoptique est caractérisée par une goutte froide en altitude au-dessus de l'ensemble du Portugal sur la bordure méridionale de l'anticyclone maritime. Ces



faits d'observation semblent bien confirmer le rôle dans le développement des orages des régions intérieures, de la conjonction du refroidissement dans les couches moyennes de l'air chaud au contact de la cellule froide et de la thermo-convection.

Mais pourquoi les orages n'éclatent-ils que certains jours alors que la dépression lusitanienne stagne en permanence ? Dans quelles conditions ces orages chauds gagnent-ils les régions littorales ?

- B) EVOLUTION DU TEMPS ORAGEUX EN FONCTION DES ASPECTS DE  
-----  
LA GOUTTE FROIDE.  
-----

Cette évolution dépend de l'importance de l'alimentation en air froid de la dépression isolée. Car celle-ci peut stagner plusieurs jours sur la façade portugaise et lentement s'atténuer si elle ne reçoit pas une nouvelle alimentation froide. La régénération de la dépression lusitanienne provoque surtout des phénomènes pluvio-orageux sur le Minho et la Galice. Les régions vascocantabriques, plus particulièrement le Pays Basque, en position d'abri, échappent le plus souvent à cette évolution. En revanche, elles connaissent une activité orageuse relativement plus importante, lorsque la goutte froide se détache directement sur le N de l'Espagne.

1°) L'évolution du temps chaud orageux par régénération de la dépression lusitanienne - 25 au 26 juillet 1961.

De fait, les orages ne se produisent pas régulièrement lorsqu'une dépression dans la moyenne troposphère stagne sur la façade du Portugal, coiffant la bordure méridionale de l'anticyclone maritime et le secteur occidental de la dépression ibérique. Nous avons déjà vu qu'une telle disposition synoptique peut faire régner également un temps brumeux anticyclonique, nuageux, avec la présence d'un voile de St bas.

Dès lors, quelles sont les conditions qui aboutissent au développement rapide du temps orageux ? Quelles sont les données qui viennent modifier une situation apparemment stable ? La solution doit être recherchée dans l'évolution des courants d'O dont les ondulations se succèdent rapidement à des latitudes plus septentrionales. Le passage d'une vallée froide au N du 50° parallèle provoque une nouvelle advection froide qui vient réalimenter la dépression latente. L'évolution du temps sur l'ensemble du domaine océanique, du 25 au 26 juillet 1961, offre un bel exemple de cette régénération de la dépression lusitanienne.

Le 25 juillet, partout le temps est chaud et ensoleillé ; les maximums thermiques dépassent les normales et la faiblesse de la nébulosité correspond à la présence de quelques Cu et Ac. Toutefois, la chaleur est nettement plus forte dans le Minho (fig.3.62a). Mais le lendemain, 26, les différences tendent à s'atténuer, car dans tout le domaine océanique domine un temps assez chaud nuageux avec l'apparition au cours de la nuit de pluies orageuses. Celles-ci accompagnant un système nuageux épais (Cb), éclatent d'abord dans le Minho puis atteignent, très atténuées, les régions vascocantabriques au milieu de la matinée.

Pourtant au cours de ces deux jours, les principaux éléments de la circulation atmosphérique se maintiennent au-dessus de la Péninsule Ibérique : dans les basses couches de l'atmosphère un anticyclone maritime des Açores à l'Europe Occidentale est bordé, vers le SE, par la dépression ibérique faiblement creusée, dans la moyenne troposphère, une dépression sur la façade du Portugal est associée à une ondulation anticyclonique chaude sur l'E de l'Espagne et le bassin méditerranéen. Mais le 25, la dépression lusitanienne est en voie de dégénérescence, en voie de comblement, comme le prouve l'élargissement des isohypses à 500 mb qui marque une diminution du tourbillon relatif. D'ailleurs, la goutte froide qui est issue le 23 d'une expulsion polaire, a été déviée vers la droite et s'est ainsi déplacée dans le sens anticyclonique. L'air froid tend à s'affaïsser et les masses d'air chaud voisines à s'étendre aux dépens de la dépression : au N l'air maritime chaud d'une cellule anticyclonique qui isole la dépression du courant zonal froid, à l'E l'air chaud (mélange de tropical et d'ibérique) chargé de vapeur d'eau qui semble envahir le Portugal et la Galice<sup>(3)</sup>. Cette évolution peut être facilement suivie sur les radiosondages de La Corogne (fig.3.52a).

Or, le 26 le radiosondage indique un nouveau refroidissement qui coïncide justement avec l'évolution du temps orageux. Mais, l'analyse indique que la masse d'air aux niveaux inférieurs à 700 mb présente des caractéristiques semblables à celle de l'air chaud de la veille. Ainsi, l'air chaud a subi un refroidissement brutal qui est à l'origine de la formation de la perturbation orageuse dont l'activité est ainsi commandée plus par le contraste entre les masses d'air que par l'accroisse-

---

(3) Les caractéristiques de la masse d'air à 850 mb =  $\theta'w = 18^\circ$ ,  $2 = 7g4$  la rapprochent de la masse d'air méditerranéen défini par les météorologistes britanniques op. cit. p. 24.



ment du gradient thermique vertical. Cela suppose alors une régénération de la dépression lusitanienne qui peut à nouveau aspirer l'air chaud chargé de vapeur d'eau. La régénération de cette goutte n'a pu se faire que par une réalimentation en air froid.

Cette nouvelle advection d'air froid a dû être facilitée par le passage au N de la dépression isolée, sur le même méridien, d'une vallée planétaire du courant zonal. Ensuite, le déplacement rapide vers l'E de la cellule anticyclonique chaude sur la Bretagne permet à l'air froid de s'étendre vers le S et de venir réalimenter la dépression lusitanienne. Cette évolution correspond bien aux études faites par les météorologistes espagnols<sup>(4)</sup> qui ont montré que les dépressions froides détachées peuvent se régénérer lorsqu'elles entrent en phase avec une vallée froide du courant d'O, évoluant rapidement à des latitudes plus septentrionales.

2°) Type de temps chaud à évolution orageuse provoquée par l'advection directe d'une goutte froide sur le N de l'Espagne 29-31 août 1962. Faibles précipitations dans les régions vascocantabriques. Temps nuageux non pluvieux dans le Minho et la Galice.

La dernière décade du mois d'août 1962 est caractérisée par une succession d'anticyclones maritimes dont les structures varient en fonction de l'évolution de la circulation zonale qui domine sur l'Europe occidentale. Ainsi à partir du 29, un anticyclone s'étale des Iles Britanniques, au SO des Açores tandis qu'une dépression thermique se maintient sur le centre de la Péninsule. En réalité dans cette région du SO de l'Europe,

---

(4) J.M. MEDINA, ( 437 ), p. 251.

la bordure méridionale de l'anticyclone (cf. radiosondage La Corogne) et la dépression thermique correspondent à une cellule anticyclonique chaude qui, à partir de l'AFN et du centre de la Péninsule s'étend vers le N puis le NE selon les conditions de circulation déjà connues.

Une vague de chaleur s'étend d'abord dans le Minho et la Galice, puis atteint le Pays Basque. Un temps chaud, lourd nuageux règne le 29 à La Corogne, le 30 à S. Sébastien, tandis que la côte des Asturies et la région de Santander connaissent un temps plus doux. Cependant, cette montée du thermomètre est de courte durée, le lendemain le ciel est peut-être plus dégagé, mais les températures maximales sont nettement inférieures. De plus dans les régions littorales du Golfe de Gascogne, le passage du temps chaud au temps plus doux a été marqué par un épisode orageux, accompagné de faibles pluies. Cette manifestation orageuse ne s'est pas faite au hasard. Au contraire, elle s'est déplacée des Asturies orientales le 29 au soir, au Pays Basque dans la nuit du 31 (fig. 3.63 ), en liaison avec l'évolution d'une perturbation de faible étendue.

De fait, celle-ci résulte du contact de l'air chaud subsident d'origine ibérique, et d'une invasion froide qui s'est encore insinuée entre la crête d'air chaud axée sur la Péninsule et celle située sur l'Atlantique. Mais cette fois, l'advection d'air froid donne naissance à une étroite dépression, une goutte froide, nettement isolée à 500 mb et qui se déplace du NO de la Galice au bassin de l'Ebre. Cependant, cette colonne tourbillonnaire n'est pas assez puissante pour provoquer une forte aspiration de l'air chaud qui est trop sec pour alimenter en se refroidissant d'abondantes condensations. C'est donc un front orageux secondaire peu actif que la "goutte froide" pousse devant elle.

Seul le Pays Basque reçoit au cours d'un deuxième épisode pluvieux des précipitations plus importantes, qui se produisent, cette fois, à l'arrière de la goutte froide, dans le secteur occidental où dominent des vents de N. L'air froid humidifié sur le Golfe de Gascogne est alors canalisé au-dessus du Pays Basque.

- C) LES VARIATIONS DU TEMPS ORAGEUX EN FONCTION DE L'ALIMENTA-  
-----  
TION CHAUDE.  
-----

L'air chaud aspiré par le tourbillon cyclonique froid peut être de l'air maritime chaud (Pm w et Tm) qui a évolué sur la Péninsule Ibérique. Il s'est réchauffé à la base sur le continent où il abandonne une partie de son humidité, avec le développement de nuages d'instabilité et la formation de pluies orageuses. Aussi arrive-t-il le plus souvent, sur les régions littorales, asséché et plus stable comme nous venons de le voir pour l'évolution du temps dans le cadre de la situation du 6-7 août 1959.

Mais, il peut arriver fréquemment que l'advection d'air chaud se développe à partir du Bassin Méditerranéen ou du continent africain. Le coin d'air chaud qui fait irruption dans les régions océaniques est alors alimenté par de l'air méditerranéen ou de l'air tropical ayant traversé la Méditerranée, c'est-à-dire par des masses d'air dont nous connaissons les caractères hygrométriques et qui deviennent très instables lorsqu'ils sont en contact avec une goutte froide. On peut alors considérer ces évolutions comme des manifestations du Front méditerranéen ou du Front des Alizés, dont les effets



sur le temps en été, sont fort peu différents.

1°) Perturbation orageuse de S alimentée par de l'air méditerranéen. Ex. 10/12 juillet 1949.

Au début de la deuxième décade de juillet 1949 une dépression s'établit sur la façade portugaise. Dans son secteur oriental elle provoque un appel d'air chaud méditerranéen selon l'analyse du BQE. Définie par un front chaud et un front froid, la perturbation qui résulte du refroidissement de ce coin d'air chaud remonte lentement du S vers le N et arrive au cours des journées du 11 et du 12 sur le Golfe de Gascogne. Les phénomènes orageux éclatent le long de ces fronts. Mais les averses les plus violentes se produisent surtout le long du front froid qui devient très actif lorsque le contraste thermique s'accroît, en fin d'après-midi, entre l'air chaud des basses couches et l'air froid, plus rapide en altitude, à l'arrière de la perturbation. La forte capacité hygrométrique de l'air méditerranéen permet alors d'alimenter des précipitations élevées en Galice.

Car les effets de cette perturbation varient selon les régions (fig.3.64A ). C'est surtout dans le Minho et la Galice que l'évolution orageuse est la plus développée. Dans une première phase, le 10 juillet, l'advection de l'air méditerranéen entretient un temps assez chaud et lourd, avec des températures maximales (24-25°) légèrement supérieures aux normales, et des averses irrégulières très localisées. Puis rapidement, avec l'arrivée du front froid, les précipitations augmentent et le temps fraîchit légèrement. Toutefois, les averses les plus fortes sont recueillies en Galice lorsque le front froid instable arrive en fin d'après-midi sur un sol très échauffé.

Sur le versant N des Cantabriques, la phase chaude est plus accentuée et dure plus longtemps. De fait, l'irruption de l'air méditerranéen descendant fait régner un temps très chaud, lourd et faiblement nuageux. Avec des températures maximales supérieures à 32° le 11 juillet, le record thermique du mois est atteint à Santander et à S. Sébastien. Ainsi, dans la nuit du 11, le front chaud est complètement "effacé" par un effet de foehn comme le laisse supposer la comparaison entre la température maximale de Santander et celle de Reinosa. Toutefois, pendant la journée cet effet disparaît et la forte chaleur correspond bien au caractère thermique originel de l'air méditerranéen surchauffé au cours de son déplacement sur la Meseta.

De sorte que ce temps chaud et sec se maintient encore le lendemain tant que l'air méditerranéen n'est pas chassé par l'air polaire maritime chaud postérieur. Il faut attendre le 13 pour observer une faible baisse de température, avec l'irruption du front froid qui, moins actif, provoque des précipitations irrégulières en fonction de facteurs locaux difficiles à saisir à cette échelle régionale.

2°) Perturbation orageuse de SSE, avec advection d'air tropical continental - 19 au 21 août 1947.

Une nouvelle coulée froide sur l'Atlantique vient réali-  
menter une dépression stagnant depuis plusieurs jours sur la  
façade portugaise. La situation barométrique se rapproche de  
celle du 10 juillet 1949, mais cette fois l'air chaud qui  
s'écoule sur la bordure orientale de la dépression, provient  
du continent africain, et est interprété par les météorologis-  
tes comme étant une advection de l'air tropical continental.

La succession des états de l'atmosphère présente deux

phases également : une première phase chaude correspond à l'avancée de cet air chaud saharien et une phase un peu plus fraîche et orageuse due à l'irruption de fronts froids précédant des masses d'air de plus en plus froid. L'on retrouve également la même opposition régionale liée au développement d'un temps beaucoup plus chaud dans les régions vascocantabriques, voire torride dans le Pays Basque où le thermomètre dépasse 35°C avec l'advection de Tc en voie d'affaissement.

Toutefois, l'enchaînement des conditions atmosphériques présente une certaine originalité. La Galice et le Minho reçoivent l'extrémité de la langue d'air chaud à proximité du centre de la colonne froide. Dans ces conditions, le refroidissement de Tc donne naissance, dès le début, à des formations nuageuses basses, à l'origine d'un temps moins chaud et plus brumeux que ne laisserait supposer la nature de la masse d'air. D'autre part, cet air saharien est moins chargé d'humidité que l'air méditerranéen. Aussi, le front froid qui repousse en altitude cette masse d'air chaud ne fournit que de très faibles précipitations. celles-ci deviennent plus importantes avec l'arrivée du second front qui marque l'installation définitive de l'air polaire maritime froid et ne représente plus dès lors une manifestation du front des Alizés.

#### En Conclusion.

Les dépressions isolées sur la façade occidentale de la Péninsule Ibérique sont bien à l'origine de types de temps chauds à évolution orageuse dans l'ensemble du domaine océanique. Mais, elles y introduisent des variations régionales importantes. Dans les régions vascocantabriques et plus particulièrement dans les Asturies orientales et le Pays Basque, elles sont responsables d'une atmosphère très lourde caracté-



sée par des températures : aussi élevées que celles accompagnant les types de temps anticycloniques très chauds. Dans le Minho et la Galice, le temps est moins chaud quoique les températures dépassent les normales, et l'évolution orageuse plus brutale y provoque plus souvent des averses de forte intensité.

## IIb - LES TYPES DE TEMPS CYCLONIQUES DOUX ET PLUVIEUX EN ETE

-----

Ces types de temps doux humides, caractérisés par des ciels nuageux chargés de pluie, sont encore liés comme en hiver, aux grands courants perturbés de SO et d'O. Les évolutions de ces perturbations présentent toujours les mêmes phases. Mais les effets régionaux tendent à se modifier en été. Relativement les régions de Galice et du Minho sont moins arrosées tandis que les régions vascocantabriques semblent être plus affectées par les déferlements de ces perturbations. On assiste ainsi à une atténuation, même à une interversion des contrastes géographiques qui constitue ainsi un fait climatique capital. Bien sûr, cet affaiblissement, ce renversement ne sont pas réguliers et dépendent des trajectoires suivies par les dépressions, des types de perturbations.

### - A) TYPES DE TEMPS CYCLONIQUES DE SO.

-----

Comme en hiver, les perturbations de SO naissent et se développent sur la bordure orientale des vallées planétaires de forte amplitude qui caractérisent une phase plus méridienne et plus lente de la circulation des grands courants d'O. Les facteurs dynamiques et géographiques continuent à rendre actives ces perturbations : valeur élevée du tourbillon relatif, réchauffement à la base des masses d'air polaire de retour,

au cours de leur déplacement sur les régions océaniques subtropicales (Açores, Madère). Aussi les fronts froids sont-ils régulièrement responsables de fortes précipitations journalières. D'autre part, si l'arrivée de l'air polaire de retour provoque une baisse de température après le passage du secteur chaud, les températures maximales restent encore assez élevées, supérieures aux normales pendant l'expulsion froide, lors de l'ultime phase de la perturbation de SO. Celle-ci entretient donc une impression de tiédeur et d'humidité, si caractéristique des régions océaniques.

Toutefois en été, les effets atmosphériques des perturbations de SO et la répartition géographique de ces effets ne se calquent pas sur ceux de l'hiver. Ainsi, non seulement les contrastes régionaux tendent à s'affaiblir, mais encore le sens de l'opposition entre le Minho et le Pays Basque s'inverse, d'autant plus que le courant perturbé affecte directement le domaine océanique.

#### 1°) Les principaux effets climatiques des perturbations de SO.

Comme en hiver, les températures sont régulièrement supérieures aux normales. La phase du secteur chaud peut même alimenter des températures élevées supérieures à 25°. La succession rapide de masses d'air de nature différente, ayant subi des transformations complexes, expliquent de fait la variabilité des températures, et par conséquent le caractère contrasté du rythme thermique diurne au cours de l'évolution de la perturbation de SO.

C'est surtout dans les régions vascocantabriques que la variabilité des températures en période de perturbation de SO est la plus grande (fig. 3.65). Comme en hiver, les effets de

foehn, lors de l'advection du front chaud et du secteur chaud, alimentent des températures nettement plus élevées que dans le Minho ou la Galice. Dans le Pays Basque, ces premières phases d'une perturbation de SO sont souvent caractérisées par des coups de chaleur qui contribuent à augmenter la fréquence des températures supérieures à 28°C, à accentuer beaucoup plus qu'en hiver les contrastes régionaux.

Surtout, la supériorité thermique des régions vascocantabriques s'affirme plus particulièrement lorsque la perturbation suit une trajectoire relativement éloignée sur l'Atlantique, et que son secteur chaud encore surmonté par la bordure occidentale de la crête anticyclonique précédente se maintient plus longtemps.

En fait par rapport à l'hiver il n'y a là que des variations quantitatives, les oppositions thermiques originales se faisant toujours dans le même sens. Il n'en est pas de même en ce qui concerne les effets pluviométriques. Pendant la saison froide, les perturbations de SO poussant des nuées chargées d'humidité, arrosent fortement le Minho et le Galice méridionale tandis que l'activité de ces perturbations s'atténue en Galice septentrionale et devient faible dans les régions vascocantabriques. Durant la saison chaude, les effets pluviométriques des perturbations de SO sont complètement inversés, comme le souligne le tableau suivant :



Tab. DISTRIBUTION DES INTENSITES PLUVIOMETRIQUES JOURNALIERES EN % DU NOMBRE TOTAL DE JOURS DE TEMPS PERTURBES DOUX DE SO EN ETE.

Juillet-Août 1946-1965  
Intensités en mm/jour

|                         | 0  | 3  | 6  | 12 | 24 | 50 |
|-------------------------|----|----|----|----|----|----|
| Porto                   | 41 | 37 | 10 | 7  | 4  | 1  |
| La Corogne              | 31 | 29 | 18 | 13 | 7  | 2  |
| S. Sébastien<br>Igueldo | 38 | 29 | 11 | 12 | 8  | 2  |

Dans une première analyse, les perturbations de SO semblent être moins actives puisque partout la proportion des jours perturbés de SO sans pluies augmente fortement en été. Mais en réalité cet affaiblissement apparaît surtout dans les régions qui, justement, sont les plus exposées aux courants perturbés de SO. Ainsi du bimestre hivernal décembre-janvier au bimestre estival juillet-août, le pourcentage des pluies journalières nulles ou inférieures à 3 mm passe de 49 % à 60 % à La Corogne et de 37 à 78 % à Porto ! En revanche dans le Pays Basque, les précipitations journalières intenses provoquées par les perturbations de SO sont relativement plus fréquentes en été ; le pourcentage des intensités pluviométriques égales ou supérieures à 6 mm/24 heures augmente à Saint-Sébastien en passant de 9 % en hiver à 22 % en été, alors qu'il diminue faiblement à La Corogne (22 % au lieu de 25 %) et fortement à Porto 12 % au lieu de 50 %.

En été, les perturbations de SO sont donc paradoxalement plus actives dans le Golfe de Gascogne que dans le Minho qui est pourtant condamné à recevoir de plein fouet les perturbations de SO.

Bien sûr, les données dynamiques qui font varier l'activité des perturbations de SO se retrouvent en été : une perturbation de SO évoluant sous la bordure occidentale d'une crête chaude stabilisée dans la moyenne troposphère, est moins active qu'une perturbation de SO surmontée d'un flux froid de retour sur le versant oriental de la vallée planétaire. Ainsi, les perturbations de SO traversant directement la Galice et le Golfe de Gascogne alors que le flux froid rapide de SO dans la moyenne troposphère s'est propagé à tout le domaine océanique, provoquent plus régulièrement un mauvais temps pluvieux. De fait, la proportion des fortes pluies journalières supérieures à 3 mm provoquées par ce type de perturbation de SO est plus élevée.

| INTENSITES DES PRECIPITATIONS JOURNALIERES LIEES AUX<br>PERTURBATIONS DE SO TRAVERSANT LA GALICE ET LE GOLFE DE<br>GASCOGNE |    |    |    |    |    |    |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|----|----|----|----|----|--|
|                                                                                                                             | 0  | 3  | 6  | 12 | 24 | 50 |  |
| Porto                                                                                                                       | 37 | 38 | 13 | 7  | 3  | 2  |  |
| La Corogne                                                                                                                  | 22 | 25 | 25 | 13 | 13 | 2  |  |
| Saint Sébastien                                                                                                             | 35 | 25 | 10 | 15 | 10 | 5  |  |
| Igueldo                                                                                                                     |    |    |    |    |    |    |  |

Mais quelles que soient les trajectoires suivies, les perturbations de SO sont cette fois plus actives dans le Pays Basque que sur la façade occidentale de la Péninsule Ibérique, contrairement à ce qui se passe au cours des autres saisons.

Il faut donc faire appel à de nouveaux facteurs géographiques pour expliquer ce bouleversement des effets pluviométriques des perturbations de SO. En réalité, ces nouveaux facteurs qui entrent en jeu résultent des fortes variations géographiques du bilan énergétique autour de la Péninsule, et par conséquent, des modifications régionales des échanges océan-atmosphère. D'une part, du côté du Minho et de la Galice : des facteurs inhibiteurs qui tendent à diminuer l'instabilité des masses d'air maritime et par suite l'activité des fronts : eaux littorales plus froides, dôme d'air chaud ibérique qui s'étale plus fréquemment sur le N du Portugal et dont l'action négative sur les discontinuités frontales est connue. D'autre part, dans le fond du Golfe de Gascogne, des surfaces océaniques plus chaudes qui réchauffent et humidifient fortement les basses couches des masses d'air polaire maritime froid. de retour, devenues beaucoup plus instables.

Cependant, il faut tenir compte également de l'évolution générale de la circulation atmosphérique en été. Les puissantes coulées froides qui sont à l'origine de la genèse des perturbations de SO s'avancent moins vers le S, de sorte que l'extrémité de la vallée planétaire où la "vorticity" est la plus élevée aboutit plus fréquemment dans le Golfe de Gascogne que sur la façade lusitanienne. Or, l'extension vers le S des colonnes cycloniques est entravée par la barrière montagneuse cantabrique et pyrénéenne, ce qui a pour conséquence de restreindre la base de ces colonnes et d'augmenter la valeur de leur tourbillon relatif.

Ainsi, la conjonction des nouveaux facteurs géographiques et dynamiques entraînent une accélération de la cyclogenèse sur le versant oriental des grandes vallées planétaires dans le fond du Golfe de Gascogne. On assiste alors à une véritable régénération au-dessus du Pays Basque, des perturbations



de SO proches passant sur le NO de la Péninsule Ibérique.

2°) Les perturbations de SO sur l'Atlantique. La variabilité des successions des états de l'atmosphère.

Les perturbations de SO se déplaçant sur la bordure orientale de l'Atlantique, des Açores aux Iles Britanniques, sont responsables d'une très forte variabilité des états de l'atmosphère qui rend difficile une classification satisfaisante de ces perturbations.

D'abord au cours du déroulement d'une même perturbation, le rythme des éléments climatiques est fort contrasté en raison de la succession d'un secteur chaud alimenté par des masses d'air d'origine tropicale ou ibérique et de fronts froids poussés par de l'air froid de retour. Ensuite d'un même sous-type de perturbation à un autre, d'une même phase d'évolution à une autre, l'ambiance atmosphérique varie fortement.

a) Le temps chaud à nébulosité variable du secteur chaud d'une perturbation de SO sur l'Atlantique.

Avec ce genre de perturbation le front chaud effleure le NO de la Péninsule Ibérique et son extrémité tend à disparaître sur le Golfe de Gascogne. Le front chaud est donc en général peu actif ou dégénéré. Aussi, l'advection d'air ayant longtemps évolué sur des régions chaudes et continentales, entretient-elle une période de temps tiède et peu nébuleux. C'est évidemment, les régions vascocantabriques qui enregistrent les températures maximales les plus élevées lors de cette première phase d'évolution de la perturbation de SO : entre 25 et 30° à S. Sébastien pour 24-28° à La Corogne, 23°-26° à Porto.

Parfois, l'évolution de la circulation des grands courants d'O, caractérisée par un déplacement rapide de la vallée planétaire sur l'Europe Occidentale, provoque le passage brutal d'une situation anticyclonique continentale ou méditerranéenne à une situation de secteur chaud de perturbation de SO. Dans ce cas la fin de la situation anticyclonique est caractérisée par le développement de la nébulosité. Des stratus bas, voire des brouillards, se forment à l'intérieur de la masse d'air chaud bien avant l'arrivée du front froid. Dans toutes les régions océaniques, les nuages stratiformes tendent même à s'étaler en bandes parallèles au front froid, comme l'on peut l'observer sur les photos de satellite.(1)

Du 12 et 13 août 1966, les prises de vue effectuées par Essa 2 nous donne un exemple caractéristique d'une telle évolution. Alors qu'une série de centres dépressionnaires de SO évoluent des Açores à l'Ecosse, le NO de la Péninsule Ibérique est situé dans le vaste secteur chaud de cette famille de perturbations. Mais bien que les températures maximales soient supérieures aux normales (25° à La Corogne, 27° à Punta Galea 25° à S. Sébastien) et l'insolation élevée (10 à 11 h) des brouillards et des nappes de stratus bas apparaissent dans la matinée du 12 sur tout le pourtour du littoral océanique, aussi bien sur la façade lusitanienne que sur le versant vascocantabrique sous le vent. Bien sûr le rayonnement nocturne, alors que la zone préfrontale de mélange atteint le SO de l'Europe, favorise ces formations brumeuses matinales, mais leur répartition et leur évolution supposent l'intervention d'autres facteurs. Le lendemain 13, tandis que le front froid a envahi le Minho et la Galice, la nappe de stratus s'est développée sur le fond du Golfe de Gascogne et le Bassin d'Aquitaine. Elle s'étale au pied septentrional de la chaîne montagneuse des Asturies Orientales au Lannemezan, puis s'allonge vers le N en direction de la Vendée, parallèlement au corps nuageux du front froid.

-----

(1) Cf. Mét. A. 64. 1967 n° 3 (294).

Cette évolution nuageuse est certainement le résultat de variations brutales du champ de pression à l'intérieur de l'air chaud, provoquées par le mouvement de piston vers l'E du front froid.

Ces variations de pression doivent rappeler, mais avec des valeurs beaucoup moins élevées, celles étudiées par les météorologistes américains pour expliquer l'apparition des squall lines à l'avant du front froid d'une perturbation<sup>(1)</sup>. L'onde anticyclonique secondaire qui se développe ainsi à l'avant du front, accélère l'advection vers le N de l'air chaud dont le contraste avec l'air plus frais et plus humide du Golfe de Gascogne s'accroît fortement. Il s'établit alors une discontinuité interne étroite qui se caractérise par le développement de nuages stratiformes bas. A la fin de la nuit, le refroidissement peut provoquer l'épaississement du voile nuageux capable de former des pluies fines comme cela s'est produit dans le Pays Basque au cours de la nuit du 13, alors que le front froid atteignait à peine le NO de l'Espagne.

b) Perturbation de SO éloignée sur l'Atlantique. Les contrastes régionaux, temps pluvieux et doux dans le Minho et la Galice, temps chaud et sec dans les régions vascocantabriques.  
28-29 août 1951.

A partir du 26 août 1951, un minimum barométrique est stabilisé à l'Ouest de l'Irlande. Cette situation qui dure jusqu'à la fin de ce mois d'août est le fait d'une circulation bloquée sur l'Atlantique Nord. La zone dépressionnaire irlandaise représente, en effet, la base d'une vaste colonne tourbillonnaire ; celle-ci, immobilisée sur la façade occidentale des Iles Britanniques, est alimentée par de l'air froid détaché

-----  
(1)

S. PETTERSEN ( 538 ) p. 179.



du bassin arctique, au Nord du Groënland. En réalité, sur la bordure orientale de cette coulée polaire des perturbations se développent sur des ondulations du front qui sépare l'air  $T_m$ , de l'air polaire, et se déplacent du N des Açores aux Iles Britanniques. Cette trajectoire est ainsi suivie par la dépression D7 qui atteint le N de l'Irlande dans la journée du 29. Les fronts qui lui sont associés, balaient tout le N de la Péninsule et le Golfe de Gascogne (fig.3.66).

Pourtant, les successions des états de l'atmosphère sont loin d'être semblables dans l'ensemble du domaine océanique, comme le souligne l'analyse comparée des rythmes diurnes des éléments climatiques.

Un temps assez doux faiblement contrasté, nuageux et pluvieux se maintient dans le Minho et la Galice, pendant le déroulement de la perturbation. Des averses drues sont liées principalement aux discontinuités froides qui se succèdent de l'après-midi du 28 août à la nuit du 29. Mais ces averses se prolongent après les passages frontaux, et fournissent en 24 heures des totaux pluviométriques importants dans les régions, élevées : 22 mm à Alto de Rodicio sur les hauts plateaux à l'E de la Province d'Orense, 52 mm à Léonte dans la Serra do Gerez, au Portugal. C'est que les masses d'air maritime froides qui abordent les régions du Minho et de la Galice sont instables. A partir des radiosondages du point K, l'on peut constater que ces masses d'air polaire ont subi un fort réchauffement à la base, au cours de leur mouvement giratoire à la périphérie de la colonne cyclonique et présentent des conditions d'instabilité sélective.

En revanche au-dessus des régions vascocantabriques, le ciel reste bleu : le soleil brille durant presque toutes les journées du 28 et 29 à Santander comme à S. Sébastien. Or, les

fronts passent sur ces régions après avoir déferlé sur la Galice et le Minho. De plus, ce beau temps sur la bordure du Golfe de Gascogne s'accompagne de poussées de chaleur inconnues sur la façade occidentale. Toutes ces données rappellent les effets atmosphériques des perturbations de SO en hiver. Ainsi on est amené à penser que l'affaîssement des masses d'air maritime sur le versant N de la chaîne cantabrique, aboutit au développement généralisé du foehn, responsable de la disparition des fronts.

Il est certain que l'air descendant des montagnes asturiennes s'est fortement réchauffé, encore que le taux de ce réchauffement n'atteint pas le taux d'accroissement de l'adiabatique sèche. Car à la différence de ce qui se passe en hiver, les poussées de chaleur ne semblent pas provenir d'une transformation directe des masses d'air maritime, entraînées par la perturbation. Pendant la saison chaude, les perturbations de SO éloignées sur l'Atlantique doivent d'abord s'accompagner sur les Asturies et le Golfe de Gascogne d'une advection de l'air ibérique chaud et sec. Cet écoulement subsident de l'air chaud intérieur qui interrompt dans le Golfe de Gascogne l'évolution de la perturbation de SO, est en réalité favorisé par l'advection d'une cellule chaude en altitude qui crée une ondulation anticyclonique secondaire.

Que celle-ci s'éloigne vers l'E, que s'établisse un courant froid rapide de SO dans la moyenne troposphère, à la limite de l'axe de la vallée froide planétaire, et le mauvais temps de SO se propage jusque dans le fond du Golfe de Gascogne.

c) Type de temps très pluvieux associé à une perturbation de SO atlantique plus proche de la Péninsule. Ex. 16-18 août 1960. L'extension des pluies de front froid aux régions vasco-cantabriques.

C'est en effet, avec l'irruption de l'air froid en altitude, avec le versant oriental de la vallée planétaire que le mauvais temps pluvieux s'est communiqué aux régions vasco-cantabriques lors de la phase ultime de l'évolution d'une perturbation de SO passant à proximité de la Galice du 16 au 18 août 1960. Toutefois, l'enchaînement des états de l'atmosphère n'a pas pris le même aspect dans les différentes régions.

- Les conditions synoptiques  
-----

Une zone de basses pressions se creuse sur l'Atlantique au SO de l'Irlande à la suite de l'accentuation d'une coulée froide axée de la Scandinavie aux Açores. D'abord, la dépression se déplace du NO au SE, mais aux environs des coordonnées du point K, elle amorce dès le 16, un changement de direction pour se déplacer lentement vers les Iles Britanniques. Tout le NO de la Péninsule Ibérique est alors situé dans le secteur SE de la dépression où une forte ondulation du front polaire donne naissance à une perturbation de SO. (fig.3.67).

La double série de fronts qui la constituent, évoluent sous un courant froid de SO, mais celui-ci n'atteint le fond du Golfe de Gascogne que dans la journée du 18 août quand la perturbation commence à s'éloigner de la Péninsule : d'où les variations régionales des effets atmosphériques de la perturbation.



- Le temps moite du front chaud et du secteur chaud  
-----  
dans la Galice et le Minho.  
-----

Les fortes précipitations sont provoquées par l'évolution des fronts froids. Mais déjà avec l'arrivée des fronts chauds, le temps est assez maussade. Dans la journée du 16, le passage du double front chaud et l'invasion du secteur chaud (fig.3.67), font régner, sous un ciel très nuageux, une atmosphère tiède et humide. A la Corogne comme à Vigo, le voile continu de stratocumulus réduit à néant l'insolation (rapport d'ensoleillement 4 %). Le thermomètre oscille dans la journée du 16 et la nuit du 17, entre 22° et 19° sur la côte N de la Galice, entre 24 et 18 dans les Rías Bajas. On retrouve la même ambiance à Porto où le maximum atteint 25° et le minimum 18°. Mais, si l'humidité relative reste supérieure à 60 %, les précipitations au passage du front chaud sont tantôt médiocres (3 mm à La Corogne), tantôt insignifiantes ou nulles, comme à Vigo et Porto.

Dans la journée du 16, la répartition verticale des températures et de l'humidité (fig.3.67) indique une atmosphère stable, expliquant la faible activité du front chaud selon la courbe d'état, établie à partir des données du radio-sondage de 12 h, l'air chaud maritime commence à s'écouler lentement au-dessus de l'air froid humide. Mais de part et d'autre du front le long duquel se sont développés des nuages stratiformes, les masses d'air sont stables, car à l'intérieur de chacune d'elles la température pseudopotentielle du thermomètre mouillé augmente ou reste constante en fonction de l'altitude. Or, cette stabilité disparaît rapidement dans la nuit et la journée du 17 qui voit se succéder deux fronts froids, provoquant des précipitations abondantes sur l'ensemble des régions océaniques du NO et plus particulièrement sur les régions montagneuses du Minho.

- Les pluies intenses de fronts froids instables  
-----  
du 17 août.  
-----

Après le passage du front chaud, les pluies tombent à l'intérieur du secteur chaud et leur intensité ne cesse d'augmenter à l'approche des fronts froids. Pendant la journée du 17, les abats pluviométriques les plus importants de l'été 1960 sont enregistrés dans toute la Galice et le Minho (fig.3.67) Seules, les régions relativement abritées par rapport au vent de SO reçoivent un peu moins d'eau ; sur les régions littorales du N de la Galice, les précipitations dépassent rarement : 30 mm. Mais, dans l'intérieur, les précipitations augmentent rapidement sur les versants élevés, sur les hauts plateaux battus par les vents humides du SO. Au N, sur le versant occidental du Monte de Fontardion, la station de Capela recueille 64 mm tandis que les pluies mesurées à l'aérodrome de Santiago et même dans la région de Lugo sont de cet ordre de grandeur. Surtout, l'intensité des averses provoquées par des Cb s'accroît vers le S dans les Rías Bajas et le Minho. Déjà, les stations littorales enregistrent des totaux pluviométriques égales ou supérieures à 50 mm : Salcedo-Pontevedra, Vigo<sup>(2)</sup>, Povia de Varzim et Porto, par exemple. Aussi, les hauteurs plus proches de l'océan, plus directement exposées aux nuées, reçoivent-elles des quantités d'eau exceptionnelles pour la saison. En fonction des rares stations installées sur les versants des massifs dominant des rías galiciennes (Regos de Minas San Finx par exemple), l'on peut évaluer les précipitations sur ces régions entre 80, 100 mm. Il faut envisager des totaux pluviométriques plus élevés encore pour les hauteurs à l'Est de la Guardia (Sierra de la Magdalena), si l'on tient compte des données fournies par les stations plus nombreuses

-----  
(2) HUETZ DE LEMPS ( 316 ) , p. 60.

des massifs du Minho septentrional. Car, une fois encore, les plus fortes précipitations se produisent sur les versants élevés des montagnes lusitaniennes. Le total journalier dépasse largement 100 mm à partir de 300 m d'altitude sur les versants occidentaux des plus hauts massifs intérieurs : Abedim et Cabana Maior entre 300 et 400 m, en bordure de la Serra de Soaja, reçoivent déjà 103 mm d'eau, presque autant que les stations plus élevées de la Serra de Gerez, comme Leonte qui enregistre 108 mm. Bien plus, les versants inférieurs des hauteurs proches du littoral sont déjà très arrosés, puisque la station d'Amonde à 150 m d'altitude, dans la Serra de Sta Lucia au NE de Viana do Castelo, recueille également 103 mm.

Ces averses sont effectivement le résultat de la brutale augmentation d'instabilité de l'atmosphère à l'approche du front froid, sur le versant oriental de la vallée planétaire. La schématisation des fronts au sol, sur les cartes synoptiques, indique que les fronts ont traversé la Galice et le Minho à partir de 6 heures et laisse supposer que les averses intenses se seraient produites lors de leur passage. En fait, l'analyse du radiosondage de la Corogne du 17 août 1960 à 12 heures montre bien la présence d'une couche d'air chaud humide ( $\theta_w = 19^\circ$  à  $20^\circ$ ) surmontée d'un air plus froid également humide et par suite suggère l'existence d'un front avec un profil vertical arqué. Cette advection d'air froid en altitude, provoquée par le déplacement vers l'E de la coulée polaire est responsable cette fois de la forte instabilité de l'atmosphère sur une grande épaisseur. Cette instabilité se propage aux régions vascocantabriques lorsque l'axe de la vallée froide commence à atteindre le fond du Golfe de Gascogne.



- Une succession d'états de l'atmosphère plus contrastés dans les régions vascocantabriques.  
-----

De fait, tant que les fronts évoluent sur le versant oriental de la vallée planétaire, leur activité est limitée dans les régions vascocantabriques. Pendant la journée du 17 et la nuit du 18, alors que les différents éléments de la perturbation de SO affectent ces régions, celles-ci connaissent un temps nuageux peu pluvieux, mais plus doux (cf. Santander fig.3.67). Dans le Pays Basque, la retombée de l'air polaire maritime chaud entraîne le dégagement du ciel et une élévation sensible de la température (maximum thermique proche de 28° à San Sebastián). Bien plus, la première discontinuité froide qui avait été très active sur la façade occidentale de la Péninsule n'est plus formée que d'un voile de St qui fournit seulement des pluies de faible intensité.

Il faut attendre la journée du 18 août pour que le temps se gâte vraiment. Pendant et après le passage du deuxième front froid, des nuages d'instabilité (Cu et Cb) provoquent de fortes averses accompagnées de manifestations orageuses dans le Pays Basque et les Pyrénées Occidentales. Cette aggravation du mauvais temps dans les Asturies et le Pays Basque, lors de l'ultime phase du déroulement de la perturbation est due à l'arrivée dans le Golfe de Gascogne de l'axe de la vallée froide s'accompagnant d'un accroissement du tourbillon relatif donc d'une augmentation de l'épaisseur de la colonne froide et des mouvements ascendants. Et, ceux-ci se maintiennent ensuite dans les couches inférieures de l'air froid lorsque ce dernier guidé par le flux de NO du versant occidental de la vallée planétaire, se heurte aux obstacles orographiques et commence à converger vers les collines basques, entretenant des pluies d'instabilité post-frontales.

La conjonction de ces facteurs dynamiques et géographiques peuvent même expliquer une régénération de la perturbation de SO avec une accélération de la cyclogenèse dans le fond du Golfe de Gascogne, lorsque le courant perturbé affecte plus directement le NO de la Péninsule.

3°) Les perturbations de SO proches traversant la Galice et le Golfe de Gascogne. La régénération des perturbations dans le Pays Basque.

Nous savons que des tourbillons cycloniques se développent et se succèdent lorsque la bordure orientale de la coulée polaire atteint la façade océanique de la Péninsule Ibérique. Des noyaux de baisse barométrique traversent alors du SO au NE la Galice et la Golfe de Gascogne. Bien que ces perturbations de SO ne soient guère accompagnées par le creusement de profondes dépressions dans les basses couches de l'atmosphère, elles n'en ont pas moins d'importantes conséquences climatiques.

Par rapport aux perturbations de SO plus éloignées, elles font régner un temps un peu plus frais et plus humide. Nous avons vu que les températures maximales enregistrées avant l'arrivée du front froid sont en général plus basses à Porto et à la Corogne lorsque les perturbations de SO passent plus directement sur le NO de la Péninsule. De même ces dernières sont plus fréquemment responsables de précipitations journalières intenses. Mais surtout, ces perturbations proches accentuent l'originalité des effets climatiques des perturbations de SO en été. Avec ces perturbations proches, la Galice est encore plus nettement arrosée que le Minho, contrairement à ce qui se passe en hiver. Bien plus, elles provoquent à nouveau de fortes précipitations dans le Pays Basque alors que leurs effets pluviométriques sur le versant septentrional des Cantabriques sont

le plus souvent médiocres.

Elles semblent ainsi se régénérer dans le fond du Golfe de Gascogne, sous l'influence des facteurs que nous avons analysés précédemment et qui accroissent la cyclogenèse à l'approche de l'axe de la vallée planétaire.

a) Perturbation de SO au-dessus de la Galice.

Ex. 28-29 août 1958. Fortes pluies dans la Galice et dans le Pays Basque.

A partir du 28 août, un noyau de baisse barométrique accompagne une ondulation d'un front froid, rattaché à une dépression stagnant sur l'Islande, traverse le S de la Galice et se dirige sur la Golfe de Gascogne. Le lendemain, cette perturbation est suivie par une autre perturbation de SO dont la trajectoire passe plus à l'intérieur de la Péninsule et qui dirige sur les régions océaniques un front occlus (fig.3.68). Ces perturbations sont liées à un flux de SO rapide qui s'établit au-dessus de la Galice et du Golfe de Gascogne sur le versant oriental d'une grande vallée froide, allongée de l'Islande à la Mauritanie.

Ce courant perturbé de SO, fait régner pendant les deux jours un temps nébuleux et pluvieux sur l'ensemble des régions océaniques. Mais les précipitations sont très inégalement réparties. Pour la Galice et le Minho, les précipitations recueillies du 28 au 29 août 1958 (fig.3.68 ) représentent l'épisode pluvieux le plus important de ce mois d'été. Evidemment, les totaux pluviométriques augmentent fortement sur les versants des massifs exposés au SO et plus particulièrement, sur les hauteurs littorales de la Galice méridionale (Faro Domayo, Sierra de La Magdalena etc...) et du Minho (Serra de Arga), où se situe l'axe des précipitations maximales. En effet, les pluies ne diminuent pas seulement en direction



du NE mais également en direction du S à partir de la vallée du Lima ; alors que les totaux pluviométriques dépassent 50 mm dans la région de Viana do Castelo, ils atteignent à peine 15 mm à Porto. Il existe donc ici une concentration géographique des fortes pluies apportées par des vents de SO, faibles (1 à 2 m/s à La Corogne).

Vers l'E dans les régions vascocantabriques, les précipitations diminuent fortement ; dans les Asturies orientales le total pluviométrique descend au-dessous de 10 mm tandis qu'il ne pleut pas dans les bassins isolés comme celui de la Liébana.

En revanche, à l'autre extrémité du domaine océanique, dans le Pays Basque, des abats pluviométriques accompagnés de manifestations orageuses sont à nouveau très élevés ; les hauteurs basques sont autant arrosées que les hauteurs littorales des Rías Bajas.

Mais, la concentration des pluies se fait également dans le temps : l'intensité pluviométrique est en fait plus élevée que celle que l'on pourrait déduire des totaux journaliers. Ainsi, sur les 32 mm enregistrés à la Corogne pendant ces deux jours, près de 30 mm sont mesurés entre le 28 à 18 h et le 29 à 7 h. En gros, 80,90 % des pluies cartographiées tombent dans la nuit du 28 au 29, en 12 heures (fig.3.69).

Or, le 28 à 18 h l'ondulation du front froid a déjà atteint le Bassin d'Aquitaine, donc les précipitations se produisent à l'arrière du front froid et l'avant du front occlus de la deuxième perturbation qui atteint seulement le Minho et la Galice méridionale dans la matinée du 29. Bien sûr, le soulèvement de l'air polaire maritime convectivement

instable (cf. radiosondage de la Corogne du 28 -12 h) alimente les fortes précipitations postfrontales.

En réalité, la carte synoptique ne permet pas d'interpréter l'évolution de ce type de temps. L'analyse de l'évolution de la circulation dans la moyenne troposphère permet de déceler les causes dynamiques au renforcement des mouvements ascendants sur la Galice et le Pays Basque. L'accroissement du tourbillon relatif (rétrécissement des intervalles entre les isohypses des niveaux supérieurs) au voisinage de l'axe de la vallée a certainement entraîné la formation d'une colonne tourbillonnaire cyclonique au-dessus de la Galice. Cette colonne étroite a non seulement accéléré les mouvements ascendants mais encore elle a provoqué l'aspiration de masse d'air chaud (Pcw et Med.) dont le refroidissement brutal est à l'origine du système orageux apparu dans la nuit du 29 sur les Landes et le Pays Basque (fig.3.6<sup>9</sup>A).

Car, dans le fond du Golfe de Gascogne, les conditions géographiques favorisent l'accroissement du gradient thermique vertical et également les contrastes thermiques horizontaux ; autour du fond du Golfe où les eaux océaniques sont plus chaudes que celles longeant les Cantabriques, les variations thermiques sont très fortes, comme le souligne la répartition des températures maximales l'après-midi du 28 août 21° à Santander, mais 27° à S. Sébastien et 26° à Cazaux.

C'est la même conjonction de facteurs dynamiques et géographiques qui produit les mêmes effets climatiques avec des perturbations passant un peu plus à l'E dans l'axe médian du Golfe de Gascogne.

b) Perturbation de SO sur le Golfe de Gascogne : des effets climatiques semblables : Ex du 12 au 13 août 1965.

A partir du 12 août 1965 un noyau de baisse barométrique se propage du centre du Golfe de Gascogne aux Iles Britanniques. Il est associé à une ondulation d'un front froid méridien apparue sur le versant oriental d'une vaste vallée planétaire, axée de l'Islande aux Canaries (fig 3.69B). Le corps nuageux de cette discontinuité frontale en se déplaçant vers le NE transmet progressivement un mauvais temps pluvieux à toutes les régions océaniques. Mais les aspects de ce mauvais temps varient du Minho au Pays Basque dans les mêmes rapports que ceux analysés avec la situation précédente. Plus particulièrement, de fortes précipitations se produisent aux deux extrémités du domaine océanique : Galice et Pays Basque.

C'est un temps lourd, nébuleux et humide qui règne sur le NO de l'Espagne, le 12 août 1965. Les températures, principalement les minimums, restent dans l'ensemble égales ou supérieures aux normales mensuelles. Le thermomètre oscille entre 17° et 24° à La Corogne, 18° et 22° à Vigo, 16° et 23° à Porto. Mais, au cours de la matinée, l'humidité se maintient au-dessus de 90 % tant à la Corogne qu'à Porto, et le ciel s'obscurcit rapidement ; alors qu'aux premières heures de la journée la nébulosité est faible, à midi un voile de nimbostratus épais couvre l'ensemble de la Galice et du Minho. Il est alors responsable des plus fortes précipitations journalières enregistrées en Galice, pour l'été 1965. Ces pluies sont particulièrement intenses sur les bordures littorales des rías galiciennes exposées aux vents d'O et de SO dominants : Monteventoso : 41 mm, Cee 32 mm, et Rianjo 43 mm. Mais, dans l'ensemble, les totaux pluviométriques diminuent régulièrement du N au S, de la Galice septentrionale au Minho : 44 mm au Cap Vares, 30 mm à Pontevedra, 11 mm à Braga et 4 mm à Porto seulement.



Vers l'E en directinn du Golfe de Gascogne c'est encore une diminution des précipitations ; le long des Asturies et dans la région de Santander le temps reste doux et nébuleux mais les précipitations recueillies dans la nuit du 13 sont bien faibles à Santander (fig.3.698). Toutefois, cette baisse pluviométrique n'atteint pas le Pays Basque où les pluies redoublent d'intensité cette fois encore.

Ainsi, la seule progression du front ne suffit pas à rendre compte de la répartition géographique des précipitations et en particulier des plus fortes intensités pluviométriques enregistrées aux deux extrémités du domaine océanique. En l'absence de radiosondage à la Corogne, nous sommes obligés de nous limiter à une analyse de l'évolution de la circulation en altitude. D'après les cartes de la surface isobarique 500 mb celle du 12 à 12 h (boletin diario) indique, au-dessus de l'Atlantique dans les parages du point K, l'apparition d'une "goutte froide", qui passe ensuite sur la Galice septentrionale à la fin de la journée. Cette goutte représente en fait une tranche d'une colonne froide dont le tourbillon relatif s'accélère et dont l'axe est légèrement incliné vers le SE, de sorte que, lors de son approche, elle provoque une advection d'air froid au-dessus de l'air chaud déjà ascendant. Il en résulte, sur le N de la Galice, une forte augmentation de l'instabilité.

Or, cette colonne froide se déplace vers la côte landaise qu'elle atteint le lendemain tandis que le flux d'air chaud venu du Bassin Méditerranéen s'accroît sur les Pyrénées et le Bassin d'Aquitaine. Cette poussée d'air chaud provoque un nouvel apport d'énergie et accentue les contrastes massiques, activant ainsi la perturbation de SO lorsque celle-ci affecte la bordure orientale du Golfe de Gascogne.

## C O N C L U S I O N

-----

Ainsi, l'extension d'une forte pluviosité vers les régions vascocantabriques semble bien être fonction de la position du courant perturbé de SO par rapport à la Péninsule Ibérique. mais avec le rapprochement de la perturbation, l'ambiance se modifie : la nébulosité augmente et les températures diminuent. Cette évolution s'accroît lorsque la perturbation passe à l'E du domaine océanique où règne alors un temps frais et particulièrement pluvieux dans les régions vascocantabriques un type de temps qui n'entre donc pas dans cette classification.

- B) LES TYPES DE TEMPS CYCLONIQUES D'O EN CIRCULATION ZONALE

-----  
RAPIDE.  
-----

Les dépressions du front polaire qui se déplacent selon des trajectoires d'ouest en période de circulation zonale rapide continuent à opposer les régions atlantiques aux régions de l'intérieur. Les fronts stagnent le long des rivages, se bloquent en partie sur les reliefs, et dégénèrent complètement sur les plateaux intérieurs des Trás os Montes, de la Castille et dans les bassins isolés de la Galice orientale et méridionale. Les masses d'air qui accompagnent les perturbations d'ouest arrivent sur le NO de la Péninsule Ibérique, chargées d'humidité et influencées par les caractères thermiques de la surface de l'Océan atlantique qu'elles ont traversé, entre les parallèles 40 et 50°.

Aussi, comme en hiver, les perturbations d'ouest font-elles régner des états de l'atmosphère humides et doux, dont le seul critère de différenciation réside dans la variabilité des précipitations. Toutefois, pendant la saison chaude, les effets climatiques des perturbations d'O présentent des aspects originaux : précipitations moins intenses, traduisant une activité beaucoup plus faible des fronts, et surtout aspects régionaux différents de ceux qui apparaissent en hiver.

1°) Les effets climatiques des perturbations d'O en été.

a) Les aspects thermiques

Les perturbations d'O entretiennent donc des types de temps doux définis par des températures voisines ou légèrement supérieures aux normales. Evidemment, dans le cas de l'évolution d'une même perturbation, les rythmes thermiques diurnes dépendent de la succession des masses



d'air polaire maritime froid et du secteur chaud. Cependant, les variations de température d'un jour sur l'autre sont atténuées, car des contrastes thermiques entre l'air chaud (Pmw ou Tm) et l'air froid (Pm, Pmf ou très exceptionnellement Am) ont été affaiblis au cours de longs déplacements, au-dessus de l'Océan. D'autre part, l'ambiance thermique n'est pas une simple fonction de la trajectoire suivie par la perturbation. Bien sûr à la Corogne, les températures maximales les plus élevées sont un peu plus fréquentes avec les perturbations d'O septentrionales qui passent au N du parallèle 55° (Voies I et II) et qui déploient de larges secteurs chauds prolongeant l'anticyclone maritime chaud des Açores. Mais les perturbations qui passent au S des Iles Britanniques (Voie IV) et même celles qui traversent le golfe de Gascogne (IVg), entretiennent également des températures maximales qui dépassent les normales. Enfin, les maximums thermiques inférieurs aux normales et les minimums les plus bas peuvent apparaître avec n'importe quel type de perturbation, quelle que soit la trajectoire suivie.

L'originalité par rapport à l'hiver réside dans la répartition régionale des températures. Cette fois c'est le Minho et les Rías Bajas qui enregistrent très nettement les plus fortes températures. L'effet de latitude intervient, mais également l'évolution du temps de traîne qui amorce celle analysée avec les anticyclones maritimes à alimentation froide : affaïssement de l'air froid divergent et dégagement rapide du ciel. En revanche, les stations littorales vascocantabriques enregistrent régulièrement des températures plus basses. Rarement, la température maximale, en secteur chaud, de Santander dépasse celle de la Corogne. Comme en hiver le long du golfe de Gascogne, le secteur chaud correspond souvent à un ciel nuageux couvert d'un voile de St développé au niveau d'une inversion de température qui s'établit entre l'air chaud descendant venu de l'O-SO et la pellicule d'air humide et relativement plus frais au-dessus de l'Océan. Par contre, dans

le fond du golfe de Gascogne, la température de la surface de l'Océan<sup>(3)</sup> est assez élevée pour provoquer le réchauffement à la base des expulsions polaires. Il en résulte que les rythmes thermiques diurnes sont moins contrastés qu'en hiver, et beaucoup moins contrastés que ceux du Minho.

Des modifications importantes apparaissent dans les rapports régionaux concernant les aspects pluviométriques.

#### b) Les données pluviométriques

Le tableau suivant a été établi en classant les précipitations journalières en fonction de leur intensité (y compris l'intensité 0) et correspondant aux différentes phases des dépressions classées selon leur position.

| FREQUENCES RELATIVES DES INTENSITES PLUVIOMETRIQUES JOURNALIERES EN FONCTION DES PERTURBATIONS D'O : Juillet-Août 1946-1965 |      |    |          |    |     |     |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|----|----------|----|-----|-----|-----|
| : en % du nombre total de jours de chaque type de courant perturbé                                                          |      |    |          |    |     |     |     |
|                                                                                                                             |      | 0  | inf. 3mm | <6 | <12 | <24 | <50 |
| PORTO                                                                                                                       | I-II | 66 | 24       | 7  | 2   | 1   |     |
|                                                                                                                             | IV m | 38 | 36       | 10 | 11  | 3   | 2   |
|                                                                                                                             | IV g | 40 | 42       | 8  | 10  |     |     |
| LA CORO-GNE                                                                                                                 | I-II | 39 | 39       | 6  | 7   | 5   | 4   |
|                                                                                                                             | IVm  | 36 | 25       | 10 | 26  | 3   |     |
|                                                                                                                             | IVg  | 25 | 26       | 25 | 15  | 9   | 1   |
| IGUELDO S. SEBAS TIEN                                                                                                       | I-II | 19 | 25       | 17 | 18  | 9   | 2   |
|                                                                                                                             | IVm  | 15 | 38       | 13 | 29  | 5   |     |
|                                                                                                                             | IVg  | 38 | 19       | 2  | 19  | 11  | 11  |

I-II trajectoire éloignée au N des Iles Britanniques  
IVm au S des Iles Britanniques  
IVg par le golfe de Gascogne.

(3) Supra p. 493.

Les distributions de ces précipitations journalières permettent de souligner quelques faits nouveaux importants :

- une diminution généralisée de la fréquence des fortes pluies journalières supérieures à 6 mm ; à La Corogne elles ne représentent plus que 16 % des jours définis par le passage de perturbations septentrionales, pour 56 % en hiver.

- une forte proportion des très faibles pluies qui montre la fréquence élevée des fronts inactifs ; le front chaud est inactif plus régulièrement et le front froid le devient souvent, ces fronts évoluent souvent à la limite de l'anticyclone maritime où s'amorcent des mouvements de subsidence.

- surtout, une inversion des tendances régionales ; pendant la saison chaude c'est dans les régions basques que les fortes intensités sont les plus fréquentes et non dans le Minho, comme en hiver. Par exemple, pour les perturbations septentrionales (I et II) la fréquence des précipitations journalières supérieures à 6 mm passe à Igueldo de 51 % en hiver à 29 % en été, pour 62 % et 3 % à Porto. Le Minho n'est plus traversé que par les extrémités méridionales des fronts qui s'effacent vers le S au contact de l'air chaud Ibérique.

L'affaiblissement des perturbations d'O et le renversement de leurs effets pluviométriques régionaux résultent de l'action combinée de nouveaux facteurs géographiques et dynamiques.

Ainsi, l'effet d'advection dont le rôle sur les rythmes saisonniers pluviométriques a été récemment souligné par P. PEDELABORDE<sup>(4)</sup>, intervient pour diminuer l'activité des perturbations d'O, mais cette action est beaucoup plus marquée dans le Minho et la Galice. De fait, si les basses couches des masses d'air maritime s'éloignent du point de condensation, en passant sur le continent plus chaud ou en se mélangeant avec

---

(4) P. PEDELABORDE ( 519 ) p. 503.



le dôme d'air chaud ibérique, cet effet inhibiteur agit plus fortement le long des côtes du Minho et des Rías galiciennes. Là, des eaux océaniques plus froides contribuent à stabiliser les masses d'air maritime, avant leur arrivée sur le continent, par accentuation du refroidissement de leur base et par ralentissement de l'évaporation.

Mais, il faut tenir compte également de l'évolution de la circulation générale à l'échelle planétaire. Le déplacement vers le N de l'axe des grands courants d'O entraîne un accroissement de la pression en altitude, entravant les mouvements ascendants aux extrémités méridionales des fronts.

En réalité, ce sont, à l'échelle continentale, les voies particulières suivies, en été, par les cellules chaudes et les expulsions froides qui doivent entraîner l'affaiblissement rapide vers le S des perturbations d'O. Nous savons déjà, comment les centres des cellules chaudes venues de l'Atlantique passent au NO et au N de la Péninsule Ibérique, comment l'air froid expulsé des ondulations cycloniques viennent frapper plus directement le golfe de Gascogne et les versants septentrionaux des massifs cantabriques et des hauteurs basques. Ces aspects saisonniers de la circulation générale font que les ondulations anticycloniques des courants d'O ont tendance à s'accroître sur le fuseau méridien de la façade occidentale de la Péninsule, tandis que les ondulations cycloniques ont tendance à s'amplifier dans le fond du golfe de Gascogne. En outre, les courants d'O peu rapides, en été, doivent être plus sensibles à l'effet de déflexion, imposé par l'ensemble orographiques des hauteurs du Minho et des massifs galiciens. Déviés vers le N, laissant ce bloc montagneux sur leur droite<sup>(5)</sup>, les courants d'O de la troposphère inférieure, entre 500 et 3000 m, décrivent forcément une ondulation anticyclonique.

---

(5) P. QJENEY (566) p. 3 ( 567 ) p. 235. P. PAGNEY (496) p.53.

En revanche, l'apparition de courants d'O très rapides, sur la façade de l'Europe occidentale, rétablit les conditions de la circulation atmosphérique hivernale ; l'axe du courant jet aborde la Péninsule Ibérique à des latitudes plus méridionales, au S des montagnes septentrionales du Portugal au-dessus desquelles l'effet de déflexion vers le N agit moins. Bien plus, entraînées par cette circulation rapide les masses d'air humides instables qui entretiennent d'abondantes condensations et alimentent par voie de conséquence un dégagement de chaleur, au cours de leur ascendance forcée, laisseraient, cette fois, sur leur gauche les massifs montagneux où l'élévation résultante de température s'accompagne d'un déficit de saturation<sup>(6)</sup>. Dans ces conditions, les courants seraient déviés vers le S, ce qui entraînerait alors une amplification des ondulations cycloniques sur la façade occidentale de la Péninsule Ibérique.

Bien sûr, en fonction de toutes ces considérations, les effets climatiques régionaux des perturbations d'O sont fort variables; toutefois, le fait original en été réside bien dans la "réactivation" fréquente des perturbations d'O dans les régions vascocantabriques.

2°) Les perturbations d'O peu actives en été. Temps doux, faiblement pluvieux sur l'ensemble du domaine océanique.

a) Courant perturbé d'O au N des Iles Britanniques et crête anticyclonique en altitude. Ex. 23-24 août 1957.-

Pendant la deuxième quinzaine d'août 1957, la circulation zonale domine sur l'Europe occidentale, et une succession de crêtes d'air chaud maintient sur le NO de la Péninsule Ibérique une série d'anticyclones océaniques alimentés par de l'air polaire. Mais à partir du 22, l'installation d'un courant

---

(6) P. GUENEY ( 566 ) p. 4.

d'ouest plus rapide, véritable jet stream, le long du 50 parallèle, s'accompagne du déplacement vers l'Ouest d'une dépression passant au Nord de l'Ecosse.

Ce système dépressionnaire s'étend jusqu'aux régions septentrionales de l'Espagne et du Portugal. Elles connaissent dès lors un type de temps perturbé qui succède à une situation anticyclonique océanique. En fait, le front chaud qui marque la transition entre les deux situations synoptiques effleure à peine la côte N de la Galice et le littoral des Asturies où il entraîne cependant une diminution sensible de l'insolation. Ce sont donc le secteur chaud et le front froid qui commandent l'enchaînement des états de l'atmosphère du 23 au 24 (fig.3.70 ).

Cette succession varie cependant d'une région à l'autre du domaine océanique.

#### Les aspects du temps

Le 23. dans la Galice et le Minho, le secteur chaud est alimenté par de l'air tropical maritime chaud, dont l'advection se traduit par une faible augmentation de la température en quelques points seulement (La Corogne, Santander). Les maximums thermiques ne varient guère par rapport à ceux de la veille, bien plus, ils sont nettement inférieurs à ceux des jours précédents lorsque régnaient des anticyclones océaniques alimentés par de l'air polaire maritime. Ainsi, à Santiago (18°) comme à Porto (20°5), les plus faibles maximums du mois sont enregistrés ce jour-là. Comme en hiver, l'arrivée de l'air tropical maritime instable est caractérisée par l'extension d'un système nuageux épais de Cb et de Sc qui réduit à néant l'insolation. En fait, ce système nuageux est soudé au corps nuageux qui accompagne le front froid.

Le front froid dans la soirée du 23 et la nuit du 24, le vent passe progressivement de SSO au SO et à l'OSO ; le plafond nuageux s'abaisse de plus en plus, et de faibles préci-



pitations tombent dans la matinée et au début de la nuit. Toutefois, la déformation du front froid au contact des reliefs qui accentue le soulèvement en bloc de la masse d'air tropical maritime explique les précipitations nettement plus abondantes, sur les versants des hauteurs dominant les profondes rias galiciennes (fig.3.70). Cependant, toutes conditions de relief égales par ailleurs, les pluies diminuent vers le S à partir de la vallée du Minho, soulignant l'affaiblissement régulier de l'activité du front froid du N au S, dans le Minho et la "Beira litoral". En outre, l'étude de la répartition horaire des précipitations souligne une différence importante entre le N de la Galice et le Minho. Des précipitations préfrontales (1,7mm) d'air chaud instable (Cb) se produisent dans la région de la Corogne au cours de la matinée du 23 alors que le front froid est encore loin de la Galice, elles sont nettement supérieures aux pluies de faible intensité liées au passage du front. En revanche, à Porto les précipitations de courte durée qui sont recueillies au début de la nuit, sont provoquées par le passage de la surface de discontinuité.

Dans les régions vascocantabriques l'enchaînement des états de l'atmosphère est quelque peu différent. D'abord des Asturies occidentales au Pays Basque, l'arrivée du front chaud et le passage du secteur chaud s'accompagnent d'un temps doux mais très nuageux ; le ciel gris est entièrement couvert d'un voile de stratus apportant de faibles précipitations qui s'étalent plus longtemps au cours de la journée du 24 dans le Pays Basque. Dans la nuit du 24, le couvert nuageux s'épaissit avec le front froid pour donner des précipitations un peu plus importantes, principalement dans le Pays Basque. Mais alors que le front s'est éloigné, le ciel reste couvert et il continue de pleuvoir lentement sur le Pays Basque. Ici, l'installation de la traîne ne s'accompagne pas d'une amélioration du temps comme dans le Minho ou en Galice. (fig. 3.71).

Même dans ces régions vascocantabriques les apports pluviométriques de cette perturbation restent médiocres sauf sur les massifs montagneux.

Un front froid peu actif. Lorsque les masses d'air ne sont pas soulevées par l'action du relief, l'activité du front froid est réduite. De fait, ce front présente la structure d'un katafront, selon la classification d'Oliver et reprise par STRINGER<sup>(7)</sup>. De fait, les radiosondages de la Corogne (fig.3.71) indiquent un déplacement plus rapide de l'air chaud au-dessus de l'air froid plus lent, or ces conditions dynamiques sont favorables à des mouvements descendants à l'intérieur de l'air chaud qui tend à devenir subsident. Ce n'est qu'en avant du front que l'air chaud est soulevé d'où les précipitations préfrontales enregistrées à La Corogne. Mais, si cette structure permet seulement le développement de nuages strati-formes et la production de faibles précipitations, en revanche la présence d'une masse d'air plus sèche en altitude au-dessus d'une masse froide saturée, représente des conditions favorables à l'instabilité potentielle. Celle-ci explique ainsi les précipitations beaucoup plus fortes qui se produisent sur les reliefs après le soulèvement en bloc de l'atmosphère. Enfin l'instabilité de l'air froid postérieur, renforcée par le réchauffement de ces couches inférieures, au-dessus des eaux plus chaudes du fond du golfe de Gascogne, ainsi que la convergence imposée par les facteurs topographiques expliquent le mauvais temps pluvieux de traîne qui se prolongera par le temps maussade de la dorsale barométrique<sup>(8)</sup>.

---

(7) E.T. STRINGER (659 ) p. 443.

(8) cf. supra p. 739.

b) Désagrégation rapide vers le S d'un front froid d'une perturbation d'O septentrionale - 24-26 juillet 1963.

La faible activité frontale de ce type de perturbation est responsable de fortes variations régionales, et en particulier d'une forte diminution vers le S, de la Galice au Minho, du mauvais temps pluvieux comme le prouve l'action de la dépression qui se déplace du N de l'Ecosse à la Scandinavie du 24 au 26 juillet 1963.

Pendant les deux premiers jours, elle dirige sur l'Europe du SO le front chaud, le secteur chaud et le front froid qui évoluent sous le versant oriental d'une vallée plannétaire du courant zonal rapide. En fait, les régions océaniques de la Péninsule se situent à la limite méridionale de cette perturbation et sont traversées par les extrémités peu actives des fronts. Toutefois, l'enchaînement des états de l'atmosphère diffèrent fortement d'une région à l'autre (fig 3.71)

C'est dans la Galice que le mauvais temps d'O présente les aspects les plus spécifiques. Pourtant, le front chaud ne provoque guère de précipitations ; évoluant à la limite d'une ondulation anticyclonique qui entretient des mouvements subsidents dans la moyenne troposphère au-dessus de la Péninsule (cf. radiosondage La Corogne du 24 à 0 h). Cette discontinuité s'accompagne d'un voile peu épais de As et SC responsable de faibles pluies sur les hauteurs seulement. L'arrivée de l'air polaire maritime chaud ( $\theta_w = 17^\circ$ , à 900 mb) entretient dans la journée du 24 un temps nuageux mais très doux avec des températures maximales nettement supérieures aux normales et une humidité relative élevée. Mais à partir de la nuit du 25, la couverture de St s'épaissit et le mauvais temps pluvieux se développe avec le passage du front froid. Toute la journée, le ciel est entièrement couvert par un voile de St frangé de fractostratus qui fournit après 7 heures du matin des précipitations plus importantes sur l'ensemble de la Galice : 5 mm à



la Corogne et Vigo, 6 mm à Santiago-Labacolla, 3 mm à Fonsagrada.

Le mauvais temps est, en effet, général dans toute la Galice intérieure, comme nous pouvons l'observer en allant de Ponferrada à la Corogne, par le Puerto de Piedrafita de Cebreiro. Déjà à partir du Bierzo, le ciel est couvert par la couche de stratocumulus qui noye les sommets des hauteurs environnantes, comme ceux de Montes de Leon et de la Sierra de Ancares. Mais, c'est seulement à l'O de ce dernier massif montagneux, après le passage du col de Piedrafita que les pluies commencent à tomber. Un ciel gris sombre s'accroche aux plateaux les plus élevés de la Galice orientale (photo ) ; des nuées basses noyant de toutes parts les horizons provoquent d'importantes précipitations, surtout sur le bassin versant supérieur du Navia, aux environs de Becerreá. Seulement, plus à l'ouest les pluies ne semblent avoir tombé que le matin. Au début de l'après-midi, à partir de Lugo les précipitations cessent bien que le ciel reste entièrement couvert d'un voile continu de Sc, effleurant les massifs usés tapissés de landes du Cordal de Montouto et du Pico de Coba de Serpe. Partout, règne une ambiance douce et humide, caractéristique des régions océaniques. Jamais, comme ce jour-là, les paysages galiciens nous sont apparus si proches, si semblables des paysages bretons lorsqu'ils sont ouatés de nuages bas<sup>(9)</sup>.

Toutefois au total, et sauf sur les hauteurs, les précipitations restent médiocres malgré la forte nébulosité. Cette fois encore, le front froid est peu actif lorsqu'il aborde les régions littorales de la Galice. D'une part, l'air chaud en altitude qui se déplace plus rapidement que l'air froid sous-jacent, est faiblement soulevé, d'autre part l'air froid est lui-même peu instable puisque  $\theta_w$  augmente avec l'altitude jusqu'à 1000 m environ. Mais, une couche supérieure plus sèche dans l'air chaud favorise le développement de

---

(9) R. MUSSET - (465 b ) p. 21.

l'instabilité lors du soulèvement de l'atmosphère par les obstacles orographiques.

Bien plus, en se dirigeant vers le SO ce front froid se désagrège rapidement. Son passage plus tardif dans la nuit du 26, ne se concrétise pas dans le Minho par un accroissement du mauvais temps. Bien au contraire, la nébulosité diminue avec la dislocation des systèmes nuageux développés à la limite S du secteur chaud. C'est que la discontinuité atteint la région de Porto lorsque l'expulsion froide envahit le N de la Péninsule en s'enroulant vers le SO, dans le sens anticyclonique pour donner naissance à une dorsale barométrique. Ainsi les mouvements ascendants disparaissent le long de ce front qui, en fait, marque un passage rapide du secteur chaud de la dépression à un anticyclone à alimentation froide qui est responsable d'une journée assez chaude et ensoleillée à Porto, comme le sont toutes les situations synoptiques de ce type.

En revanche, le mauvais temps peu pluvieux se maintient dans les régions vasco-cantabriques, avec une faible accalmie, lors du passage du secteur chaud au milieu de la journée du 25 (cf. état de l'atmosphère à Santander). Déjà le front chaud avait apporté des "lloviznas" qui succédaient dans le Pays Basque à des pluies plus fortes de temps de traîne de la perturbation précédente. Le mauvais temps frais et humide est surtout dû, dans la nuit du 26, au passage du front froid qui reste cependant peu actif, car dans la moyenne troposphère les vents d'OSO sur le versant oriental de la vallée planétaire, tendent à s'affaiblir le long de la retombée septentrionale de l'axe montagneux des Cantabriques.

c) Courant perturbé d'O peu actif par le Golfe de Gascogne - Ex 13-15 août 1960.

La faible activité d'une dépression d'O n'est pas forcément fonction de la distance qui sépare la trajectoire suivie par la dépression du N de la Péninsule. Ainsi, un temps

nuageux peu pluvieux accompagne une perturbation se déplaçant vers l'E, entre la Bretagne et le Golfe de Gascogne.

Du 13 au 15 août 1960, une dépression dirigée par une circulation zonale rapide passe au sud de la Bretagne. Le front chaud et le front froid délimitant un étroit secteur chaud traversent tout le domaine océanique ibérique dans la seule journée du 13 août (fig.3.72).

Les successions des états de l'atmosphère dans les différentes régions de ce domaine rappellent celles observées lors de l'évolution d'une perturbation d'O septentrionale. Le temps doux et nuageux (fig.3.72) du secteur chaud succède à un type de temps peu pluvieux du front chaud. Et, c'est encore avec le front froid que le temps devient plus triste, plus maussade. Toutefois les précipitations provoquées par ce front froid dans l'après-midi du 13 août restent faibles dans l'ensemble du domaine océanique comme le montre les répartitions des pluies dans les différentes stations.

En réalité, le front froid offre les caractères très nets d'un "katafront" peu actif. De fait, le radiosondage à La Corogne du 13 août souligne bien la présence d'une masse d'air chaud supérieur s'écoulant beaucoup plus rapidement que l'air froid sous-jacent. Or, cette stratification dynamique ne favorise guère, rappelons-le, le soulèvement de l'air chaud le long du front. Celui-ci est seulement rejeté en altitude à l'avant du front où se produisent les averses les plus fortes.

Cependant, le rapprochement de la perturbation rend compte d'un temps plus humide dans la région du Minho que lors du passage d'une perturbation septentrionale. Durant toute la journée du 23, Porto, sous un ciel sombre de Sc, recueille des pluies océaniques de faible intensité. Mais, nous constatons la même opposition entre le Minho et le Pays Basque en ce qui concerne l'aspect du temps de traîne. Alors que le ciel se dégage au-dessus de Porto et que la température augmente légè-



rement, un voile de Sc recouvre les régions vascocantabriques où des pluies fines sont enregistrées.

Ainsi, le passage de cette dépression au voisinage de la Péninsule n'a pas provoqué un temps plus désagréable que celui accompagnant le déplacement d'un front froid dirigé par une dépression d'O éloignée. Nous retrouvons ici encore :

- les caractéristiques d'une faible activité du front froid,
- l'accentuation de cette faible activité en allant vers le sud.

3°) Les perturbations d'O actives. Le mauvais temps frais et pluvieux généralisé.

Le mauvais temps nuageux et pluvieux peut cependant s'étendre à tout le domaine océanique. Bien sûr, une combinaison de différents facteurs aboutit à cette ambiance atmosphérique généralisée. Mais en général, un violent courant d'ouest accompagné par un jet rapide dans la troposphère supérieure au N de la Péninsule favorise l'extension vers le S du système perturbé qui affecte cette fois le Minho.

a) Front froid actif d'une dépression passant au S des Iles Britanniques et cyclogenèse dans le fond du Golfe de Gascogne. Ex. le 25 au 26 août 1956.

Une dépression très creusée se déplace (D8) vers l'E en suivant le parallèle 50°. Elle est née le 23 août, sur une ondulation du front polaire, accompagnée d'un courant rapide d'O au milieu de l'Atlantique. Toutefois, le N de la Péninsule reste à la limite de son secteur chaud et de l'anticyclone des Açores, où le ciel est en grande partie couvert par un stratus.

C'est seulement au début de la nuit du 25 août, que l'irruption du front froid provoque de fortes pluies en Galice ; en six heures la Corogne reçoit 21 mm. Le mauvais temps pluvieux se propage à la fois au Minho et aux régions vascocantabriques où les précipitations enregistrées sont cependant moins abondantes. Le rapide déplacement de la formation nuageuse frontale est liée à l'existence d'un puissant jet d'O dans la moyenne troposphère au milieu du Golfe de Gascogne, où la vitesse doit approcher des 200 km/h au niveau 500 mb (cf. le rétrécissement des isohypses au N du 45° parallèle fig. 3.73a).

Cette condition de circulation générale ne suffit pas à expliquer la concentration des fortes pluies. Il faut tenir compte de la structure du front froid que l'on peut analyser lors de son passage au-dessus du Point K (radiosondage du 24 après-midi). En fait, l'atmosphère semble présenter deux discontinuités thermiques séparant des masses d'air humide de plus en plus chaudes : l'une entre 1000 et 1500 m, l'autre aux environs de 4000 souligné par une baisse brutale de l'humidité relative. Surtout, de chaque côté de ces surfaces, les vitesses des vents sont équivalentes, indiquant que l'air froid sousjacent se déplace aussi vite que l'air chaud soulevé, situation différente de celle du katafront étudié dans les situations précédentes. Les mouvements ascendants ainsi créés le long du front froid sont responsables de fortes condensations, d'autant plus que les masses d'air chaudes humides présentent des conditions d'instabilité sélective.

Cependant, une différence apparaît entre le rythme des pluies de la Galice et celui du Pays Basque. Dans cette région, les pluies se produisent surtout à l'arrière du front, et longtemps après son passage, puisque les abats pluviométriques les plus importants sont recueillis dans l'après-midi du 26 août. Nous retrouvons ici, la supériorité des précipitations de traîne instable, déjà analysée en hiver. Mais cet

épisode pluvieux est certainement lié à la naissance d'une perturbation secondaire dans le fond du Golfe de Gascogne. De fait, les cartes d'isallobares (carte de tendances à 18 h, le 26, et variations de pression en 24 h le 27 à 06 h) soulignent l'existence d'un noyau de baisse sur le Pays Basque et le Bassin d'Aquitaine. L'advection de l'air polaire maritime froid très instable (cf. radiosondage de Bordeaux fig.3.74 ) au-dessus de la surface de l'océan relativement chaude dans le fond du golfe, a dû entraîner le développement de mouvements ascendants, suffisamment puissants pour entretenir une petite dépression locale qui s'étend sur les Pyrénées occidentales, le Bassin de l'Ebre et les Monts Celtibériques où elle provoque une ondulation du front froid.

Le mauvais temps cesse lorsque la vallée froide s'amplifie sur la façade atlantique Europe à la suite d'une expulsion d'air froid arctique. Les régions littorales des Asturies orientales et du Pays Basque sous le versant oriental de la vallée où souffle un puissant flux de SO sont alors placés en situation d'abri, alors que le front secondaire arctique provoque un retour du mauvais temps dans la Galice et le Minho.

b) Perturbation d'O active sur le Golfe de Gascogne.  
20-22 août 1958. (fig. 3.73 b).

Une dépression arrivée au stade de maturité se dirige sur l'Europe en empruntant cette fois une trajectoire un peu plus méridionale par le N du Golfe de Gascogne. Le front chaud atteint la Galice, le 20 août vers 06 h, et le front froid dans l'après-midi. Mais c'est seulement à la fin de la journée du 21 que le front froid achève de traverser tout le domaine océanique qui est alors entièrement envahi par de l'air polaire maritime froid. Aussi, le passage des fronts provoque-t-il partout, avec un décalage d'un jour, un temps très nuageux et



pluvieux. La nébulosité et l'humidité sont si fortes que les températures maximales restent nettement inférieures aux normales malgré l'advection de l'air maritime chaud ; ainsi le maximum n'atteint 18° qu'à Porto (fig 3.74). Seules les régions vasco-cantabriques soumises à un vent de S rabattant connaissent des températures légèrement plus élevées.

L'abondance des précipitations est en grande partie liée à l'activité du front froid qui sépare des masses d'air humide, présentant des conditions d'instabilité convective sélective. Aussi les pluies ne tombent-elles pas qu'au passage du front seulement, car la répartition dans le temps des pluies n'offre pas les mêmes aspects dans toutes les régions océaniques. Dans le Minho les fortes précipitations débutent avant l'arrivée du front froid et doivent être dues à des phénomènes de convergence dans le secteur chaud qui permettent l'accroissement du nombre des bandes de "cellules convectives" parallèles au front froid, selon la description faite par K.A. BROWNING et T.W. HARROLD<sup>(10)</sup>. Puis les pluies cessent rapidement après le passage du front, car l'air froid expulsé s'étale et son instabilité diminue, permettant un temps de traîne aux averses rares. C'est encore le contraire qui se passe dans les régions vasco-cantabriques. A nouveau Santander et San Sebastián reçoivent surtout des précipitations frontales et postfrontales de masse d'air froid instable. Comme en hiver, l'intensité pluviométrique augmente lorsque le front et l'expulsion polaire sont dirigés par le courant O-NO qui apparaît au-dessus du Golfe de Gascogne avec l'installation du versant occidental de la vallée froide du courant zonal rapide. Enfin dans la Galice septentrionale, le mauvais temps s'étale sur les trois jours, entretenu par l'invasion directe de l'air maritime froid instable (radiosondage à La Corogne du 21 août).

---

(10.) K.A. BROWNING et T.W. HARROLD ( 90) p. 298, (89) p.323.

Au total, pour l'ensemble de l'évolution de la perturbation les apports pluviométriques, toutes conditions topographiques égales par ailleurs, sont du même ordre de grandeur dans les différentes régions du domaine océanique. En réalité, cette homogénéité est loin d'être la règle ; et bien souvent en été, la perturbation d'O a une action plus limitée.

4°) Les types de temps perturbé d'O très pluvieux dans la Galice et le Minho.

Ainsi, les fortes précipitations ne s'étendent pas toujours à tout le domaine océanique. En été, leur répartition est plus localisée, selon les conditions de la circulation générale. Ainsi elles se produisent sur la façade occidentale de la Péninsule, Galice Minho, lorsque le front froid continue à évoluer sous le versant oriental de la vallée planétaire où souffle un flux de SO rapide.

Bien plus, ces fortes précipitations peuvent se limiter à une seule région, soit à la Galice, soit au Minho, selon la structure du front et surtout les directions suivies par les masses d'air.

a) Type de temps très pluvieux sur la Galice -  
3 août 1966.

Pendant la première semaine du mois d'août 1966, une famille de perturbations d'O déferle sur l'Europe occidentale. Mais de la Péninsule Ibérique, seules la façade atlantique portugaise et les régions septentrionales de l'Espagne sont atteintes par les formations nuageuses des discontinuités frontales, et encore le mauvais temps très pluvieux se limite-t-il à la Galice, lors du passage du front froid.

Ainsi, la vaste couche de St et Sc du front chaud et du secteur chaud d'une perturbation d'O qui traverse le S des

Iles Britanniques à partir du 2 août 1966, est responsable de très faibles pluies seulement dans la Galice et les régions vascocantabriques. D'ailleurs, le corps nuageux ne dépasse pas au S la chaîne cantabrique, tandis que le Minho et toute la façade du Portugal sont recouverts d'un voile de stratus bas qui s'est développé à l'avant du front froid dont l'approche doit provoquer le refroidissement de l'air chaud maritime très humide.

Car l'arrivée le 3 août, du front froid, provoque un changement sensible du temps. Non seulement la baisse de température est importante puisque la température maximale passe de 26° à 22° dans les stations de la Corogne et de Porto, mais encore, des pluies abondantes s'abattent principalement sur la Galice. De fait, si les précipitations enregistrées en 24 h dans le Minho restent médiocres (3 mm à Porto), du même ordre de grandeur que celles du 23 août 1957, en revanche les lames d'eau atteignent des épaisseurs remarquables en quelques heures dans la plupart des stations galiciennes. De 6 h à 18 h, de fortes intensités pluviométriques sont mesurées aussi bien dans les régions littorales que sur les plateaux intérieurs; pendant ces douze heures le Cap Vares, La Corogne, Vigo reçoivent entre 15 et 20 mm, et les stations de Santiago-Labacolla, de Naron jusqu'à 50 mm !

Cette originalité de la Galice est d'autant plus remarquable que les les précipitations abondantes cessent dans les régions vascocantabriques. Celles-ci sont à peine arrosées par le front qui les traverse dans la nuit du 4 août : 3 mm à Gijon, 1 mm à Santander, moins de 1 mm à Iguelo.

#### - Les origines des fortes pluies galiciennes

Bien qûr la structure du front froid est différente de celle des fronts inactifs étudiés précédemment. Cette fois, on a affaire à un anafont<sup>(11)</sup> actif où les mouvements ascendants de

-----

(11) E.T. STRINGER ( 659 ) p. 434.



l'air chaud sont intenses ; car, aux environs de la surface de discontinuité, l'air sous-jacent rapide soulève brutalement l'air chaud plus lent. D'autre part le mouvement ascensionnel de cet air chaud est activé par le fait que la surface de discontinuité évolue dans la zone de convergence dynamique du versant oriental de la vallée planétaire (fig.3.75b)

Mais pourquoi la forte activité de ce front se limite-t-elle à la Galice ? Ne devrait-on pas la retrouver dans le Minho ? L'interprétation des photos de satellite dont les séquences sont publiées dans METEOROLOGIE ABHANDLUNGEN<sup>(12)</sup>, attire l'attention sur ces données régionales de la circulation. D'abord la bande nuageuse du front froid se maintient plus longtemps au-dessus de la Galice, car elle s'écoule du S au NE, obliquement à la direction suivie par le front froid qui se déploie vers le SE. En outre le front froid semble pénétrer difficilement au-dessus de la Péninsule Ibérique; le 3 il dessine un coude dont l'orientation est différente à celle de la courbe tracée pour représenter le front sur les cartes synoptiques (fig.3.75). La limite méridionale du système nuageux est nette et se suit du N du Minho à la Vendée laissant apparaître le Tras os Montes, la Galice orientale et les régions Vascocantabriques.

Cette déformation ne peut s'expliquer que par la présence d'une cellule anticyclonique d'air chaud ibérique et méditerranéen qui coiffe toute la Péninsule, le Bassin d'Aquitaine et la Méditerranée occidentale comme le confirme la répartition des températures au niveau isobarique 500 mb. Dans un premier stade le front froid vient se mouler sur cette vaste bulle d'air chaud. Ce n'est que lorsque cette cellule s'éloigne vers le SE que le front pénètre dans le Golfe de Gascogne à un moment où en altitude s'établit une circulation de NO sur le versant occidental de la vallée planétaire. Dès lors, le front se heurte aux reliefs des régions vascocantabriques

---

(12) I. HAUPT ( 294 ).

pour donner des précipitations. Mais celles-ci restent modestes, car entre-temps le front a dégénéré avec le vieillissement de la perturbation. La photo du satellite nous montre le 4, un système nuageux frontal disloqué dont les lambeaux s'accrochent aux massifs montagneux du pourtour Ibérique.

En revanche, la pénétration du front actif est plus générale lorsqu'un courant zonal plus puissant ne permet pas à une cellule anticyclonique chaude de se renforcer sur la Péninsule Ibérique.

b) Type de temps perturbé d'O très pluvieux dans le Minho et la Galice méridionale - 25 juin 1958. Les pluies diluviennes en avant du front chaud.

Durant la dernière décade du mois de juin 1958, une famille de perturbations d'O entretient, dans tout le domaine océanique, un temps maussade et pluvieux en ce début d'été. Toutefois, les effets de chaque perturbation varient fortement d'une région à l'autre.

#### - Les variations régionales

Ainsi, le 25 juin, il règne sur le Minho et la Galice un type de temps pluvieux et frais avec des températures maximales légèrement inférieures aux normales. Il pleut toute la journée, sous un ciel bas couvert d'un épais Ns, mais les précipitations les plus abondantes sont recueillies dans le S de la Galice et le Minho qui enregistrent des records d'intensité pluviométrique journalière en saison chaude, pour la période de 1931-1960. Si les précipitations, recueillies pendant cette journée, n'atteignent guère 15 mm à La Corogne, elles dépassent en revanche 60 mm à Pontevedra et à Porto, plus de 100 mm sur les hauteurs dominant les Rías Bajas et les régions littorales du Minho ! Pour l'été, elles prennent des proportions exceptionnelles, sur les versants occidentaux des hauts massifs intérieurs lusitaniens, où les pluviomètres des stations réparties

entre 700 et 1200 m d'altitude, enregistrent des quantités impressionnantes ; dans la Serra do Gerez, Léonte à 860 m reçoit 216 mm et Junceda à plus de 1100 m recueille 226 mm (fig3.77).

Par opposition, les régions vascocantabriques connaissent un temps, certes très nuageux, mais faiblement pluvieux et très doux comme le prouvent les températures maximales relativement élevées à Santander et surtout à San Sebastián.

Or, toutes ces régions sont traversées dans la journée par les éléments d'une dépression se déplaçant vers l'ENE au S des Iles Britanniques. Seulement, les fronts évoluent sous le versant oriental de la vallée froide des courants d'O. Evidemment dans ces conditions, les régions vascocantabriques jouissent d'une situation d'abri qui explique la faible pluviosité et l'accroissement de la température sous l'effet du vent rabattant. En revanche, les masses d'air maritime instables venues de l'O-SO se heurtent aux obstacles orographiques du Minho et de la Galice. Mais c'est surtout l'air maritime chaud -mélange de Pm w et de Tm- qui alimente les précipitations diluviennes.

#### - Les fortes précipitations de secteur chaud

Effectivement cette fois, les précipitations les plus abondantes ne se produisent pas exactement au passage des surfaces de discontinuité. Comme d'habitude, le front chaud fournit des pluies de faible intensité. Mais les abats les plus violents commencent aussitôt après son passage et se poursuivent pendant l'advection de l'air chaud maritime, avant l'arrivée du front froid. D'ailleurs celui-ci effleure seulement le N de la Galice et ne pénètre pas jusqu'au Minho. Ainsi, toutes conditions topographiques égales par ailleurs, les précipitations diluviennes sont enregistrées dans les régions qui sont les plus éloignées de la limite du front froid.



Il n'est pas possible d'analyser en détail la structure du secteur chaud et d'y déterminer l'existence de discontinuités internes, des "squall line" des météorologistes anglo-saxons<sup>(13)</sup> accompagnés de brusques sautes de vent et d'une rapide augmentation de pression. Ici, la convergence des facteurs dynamiques et géographiques suffisent pour expliquer les forts mouvements ascendants de l'air chaud.

Contrairement à ce qui se passe en août 1966, il n'existe pas de cellule chaude anticyclonique stable sur la Péninsule. Bien plus, l'air chaud humide du secteur chaud est entraîné sur la bordure orientale de la vallée planétaire dans une zone de fort tourbillon cyclonique. Ainsi, entre le 25 et le 26 juin, les cartes de la surface isobarique 500 mb indiquent bien un rétrécissement accentué des écartements entre les isohypses du côté des niveaux les plus élevés, expression cartographique de l'accroissement du tourbillon relatif positif, comme nous l'avons déjà vu<sup>(14)</sup>. Or, l'augmentation du tourbillon entraîne le développement de l'épaisseur de la colonne tourbillonnaire et l'accentuation des mouvements ascendants<sup>(15)</sup>.

De plus, le mouvement ascensionnel de l'air chaud est activé par les massifs montagneux qui agissent directement en obligeant l'air chaud à s'élever mais aussi indirectement en provoquant la convergence dans les bas niveaux des filets d'air déviés par le phénomène de déflexion. Les condensations abondantes qui en résultent sont d'autant plus importantes que l'air chaud est très instable, avec ces basses couches chargées d'humidité surmontées de couches supérieures beaucoup plus sèches (cf. radiosondages)(fig. 3.76).

---

(13) E.T. STRINGER ( 659 ) p. 463. S. PETTERSSSEN ( 538 ) p.

(14) J. LE PAS & G. ROCHE ( 386 ), p. 12-11.

(15) P. PEDELABORDE ( 515 ) p. 483. P. ESTIENNE, A. GODARD ( 213 ) p. 165.

Néanmoins, le facteur premier de cette concentration des fortes pluies sur la façade occidentale, est bien la circulation OSO imposée par la circulation générale. Ainsi le lendemain 26, les contrastes régionaux se maintiennent lorsqu'une deuxième perturbation traversant le golfe de Gascogne, continue à évoluer sous le versant oriental de la vallée où une irruption passagère de l'air chaud peut provoquer dans les régions vasco-cantabriques une poussée de foehn.

c) L'apparition éphémère du foehn dans les régions vasco-cantabriques, avec une perturbation d'O sur le golfe de Gascogne 26 juin 1958.

De fait, dans la matinée du 26, le déplacement de la perturbation d'O sur le golfe de Gascogne ne modifie pas les variations régionales du temps. Les formations nuageuses (Ns) du front chaud et du front froid prolongent le corps nuageux de la perturbation précédente, et fournissent encore des précipitations d'intensité moyenne dans le Minho et la Galice... Mais simultanément, les pluies restent faibles à Santander et à Igueldo lors du passage du front chaud. Bien plus, en fin de matinée à Santander, le ciel s'éclaircit un court moment marquant l'arrivée brutale du "Sur", souffle d'air chaud et desséchant venu du S ; le thermomètre monte brusquement pour atteindre 28°6 tandis que l'humidité relative tombe au-dessous de 50 %. Ce sont là les critères atmosphériques qui caractérisent l'action du foehn, dont l'existence est attestée par la forte augmentation de la température maximale à Santander par rapport à celle de Reinosa. Le taux d'accroissement de la température dépasse largement celui de l'adiabatique sèche et résulte d'un fort tassement du jet d'air chaud expulsé dans le versant oriental de la vallée planétaire.

Mais, cette poussée du foehn est de courte durée, car le déplacement rapide du courant zonal entraîne l'arrivée du versant occidental de la vallée planétaire où domine un flux

froid de NO. D'abord, l'arrivée dans la moyenne troposphère de l'air froid provoque une très forte instabilité du front froid le long duquel le développement de Cb s'accompagne de phénomènes orageux. Dès lors, dans ces régions vasco cantabriques avec le flux de NO à l'arrière de la perturbation, le mauvais temps se maintient longtemps après le passage du front et l'accalmie du temps de traîne met beaucoup plus de temps à s'installer que dans la Galice et le Minho.

Nous retrouvons, ici, comme en hiver, l'influence capitale de la direction des courants dans la moyenne troposphère sur l'évolution des différents éléments d'une perturbation d'O. Que celle-ci se déplace sous le versant occidental d'une vallée planétaire plus rapide et le mauvais temps très pluvieux affecte principalement les régions vascocantabriques.

5°) Les types de temps d'O pluvieux dans les régions vascocantabriques principalement.

Le temps perturbé d'O plus humide dans les régions vascocantabriques que dans la Galice et le Minho n'est pas uniquement associé au passage d'une perturbation sur le golfe de Gascogne. Des précipitations plus fortes peuvent être provoquées dans les Asturies et dans le Pays Basque par le front froid d'une perturbation septentrionale. En été, au NE de l'anticyclone des Açores, nous avons vu que la vallée planétaire tend à se creuser sur le golfe de Gascogne et à y renforcer le courant de NO. Ainsi, un front froid évoluant au-dessous de ce flux de NO, devient très actif sur le Pays Basque.

a) La rénovation sur le Pays Basque du front froid d'une perturbation d'O septentrionale - 16-17 juillet 1963.

Pendant ces deux jours, l'ambiance atmosphérique des régions vascocantabriques est totalement différente de celle qui règne en Galice. Là, un temps doux variable avec de belles



éclaircies, ici, un temps gris maussade et pluvieux comme le montre bien l'analyse des rythmes diurnes des éléments de l'atmosphère (fig.3.78). Dans la journée du 17, les précipitations ne cessent pas dans le Pays Basque où Igueldo recueille un total pluviométrique supérieur à 15 mm.

Le changement de temps est donc spectaculaire et pourtant toutes ces régions sont parcourues par l'extrémité méridionale d'un front froid lié à une perturbation d'O septentrionale. Aussi l'expulsion froide qui s'enroule vers le SO, donne-t-elle immédiatement naissance à une dorsale barométrique qui se renforce sur la Galice et le Minho. L'abaissement de l'air froid y provoque un réchauffement et un assèchement des couches moyennes de la troposphère favorables à la stabilité. Le front froid compris entre deux zones de subsidence -l'anticyclone chaud antérieur et cette dorsale- dégénère rapidement.

En revanche dans le fond du golfe de Gascogne, les mouvements de convergence se développent dans une atmosphère instable où de l'air froid ( $-15^{\circ}$  à 500 mb) s'écoule au-dessus des couches atmosphériques, réchauffées et humidifiées au contact de l'océan. Avec l'arrivée du front froid, cet air instable s'écoule vers le S à travers les collines basques. Cet écoulement est renforcé lorsque le flux de NO s'établit définitivement avec l'installation du versant occidentale de la vallée planétaire (fig. 3.78). Il en résulte de forts mouvements ascendants de l'air froid humide qui alimentent des formations nuageuses denses (St et Cb), responsables des précipitations frontales et surtout post-frontales.

b) Le type de temps perturbé très pluvieux dans le Pays Basque associé à une perturbation d'O au S des Iles Britanniques. Abondantes précipitations post-frontales du 17 août 1963.

Du 16 au 17 août 1963 une dépression suit le parallèle 50° (voie IV). Au S des Iles Britanniques, elle atteint son stade de maturité, avec un début d'occlusion, mais elle dirige sur la Péninsule Ibérique un front chaud inactif suivi immédiatement du front froid.

Le mauvais temps perturbé d'O commence en fait avec l'arrivée de ce dernier. Une formation nuageuse de Sc propage des pluies dans tout le domaine océanique, d'abord le 16 dans la Galice et le Minho, ensuite le 17 dans le Pays Basque. Mais c'est surtout dans cette dernière région que les pluies sont abondantes (fig.3.79), elles tombent toute la journée et longtemps après la traversée du front froid.

Les mêmes causes produisent les mêmes effets. Le déplacement rapide de la vallée froide du courant zonal est tel que son versant occidental vient coiffer le front froid alors que celui-ci pénètre sur la Péninsule. Or, sur le versant occidental l'expulsion froide s'étale rapidement vers le S et son affaissement sous l'air chaud arrête les mouvements ascendants le long du front froid. En revanche, dans le fond du golfe de Gascogne, cette discontinuité, puis l'air froid postérieur se heurtent aux obstacles orographiques les plus élevés (chaîne Cantabrique et Pyrénées) pour se déformer puis s'engouffrer au-dessus des collines basques où cette convergence accentue les mouvements ascendants. Dès lors, les condensations et les précipitations se poursuivent à l'intérieur même de l'air froid instable réchauffé et humidifié dans ces basses couches.

Mais alors que le ciel s'éclaircit après le passage du front froid, sur la Galice et le Minho, dans les régions

de la bordure du golfe de Gascogne, le mauvais temps pluvieux de traîne se maintient malgré l'installation de la dorsale barométrique. Ce mauvais temps de traîne prolongé marque, ainsi le stade final de la succession des états de l'atmosphère en régime perturbé d'O, de l'arrivée du front chaud à la décharge polaire.

c) Front chaud actif de perturbation d'O dans le Pays Basque. Ex : 24 juillet 1960.

Le 24 juillet à la limite NE d'un anticyclone maritime chaud, un double front chaud, lié à une perturbation d'O septentrionale, balaie l'Europe Occidentale. Bien qu'il dégénère sur la Péninsule Ibérique, il semble encore actif sur les régions littorales du golfe de Gascogne. Mais, cette activité diminue régulièrement du Pays Basque à la Galice septentrionale.

A La Corogne, le passage de la zone frontale se marque seulement par un accroissement de la nébulosité avec l'extension d'un stratus bas qui fournit au début de la nuit du 24, des précipitations de très faible intensité, de type crachin, des lloviznas. Par contre dans le Pays Basque, le ciel reste entièrement couvert pendant toute la journée du 24 au cours de laquelle des pluies plus abondantes sont enregistrées : 14 mm à San Sébastien. Bien sûr, la Galice est beaucoup plus proche du centre de l'anticyclone, et les fronts chauds constituent simplement ici des discontinuités internes séparant l'air polaire maritime en voie d'affaiblissement de l'air chaud subsident. Bien sûr, le Pays Basque est plus en bordure de l'anticyclone et il est même plus directement affecté par le noyau de baisse de pression qui longe le S de la Bretagne (fig. 3.79b).

En réalité, ce noyau de baisse est le résultat de puissants mouvements ascendants qui se développent sur une ondulation des fronts chauds séparant des masses d'air instable (cf. radiosondages de Bordeaux). Exceptionnellement, ces fronts



évoluent sur le rebord oriental de l'ondulation ancyclonique où se développe un courant de ONO dans la moyenne troposphère. A 500 mb, le rétrécissement de l'écartement des isonypses vers les niveaux les plus élevés souligne l'accroissement du tourbillon relatif, et donc par conséquent l'augmentation de la hauteur de la colonne d'air chaud.

A ces conditions de la circulation générale à l'échelle continentale, viennent s'ajouter des facteurs géographiques à l'échelle régionale, pour augmenter l'activité des surfaces frontales et l'instabilité des masses d'air. Cette fois encore, l'entraînement -effet de steering- des fronts par le courant de NO de la moyenne troposphère oblige les masses d'air à se heurter aux obstacles topographiques et s'échapper vers le S en escaladant d'abord les collines basques. Or, auparavant au-dessus du fond du golfe de Gascogne, ces masses d'air se sont chargées d'humidité et offrent ainsi de plus fortes conditions d'instabilité.

#### CONCLUSION

=====

En été, la conjonction des facteurs dynamiques -expulsions froides plus fréquentes sur le Golfe de Gascogne- et des facteurs géographiques, ~~relief et surface océanique~~ relativement plus chaude dans le golfe de Gascogne- contribuent à expliquer le fait que les perturbations d'O sont dans l'ensemble relativement plus actives dans les régions vascocantabriques que dans la Galice, par opposition à ce qui se passe durant la saison froide. Il se produit même une "réactivation" des fronts, un renforcement de la cyclogénèse<sup>(16)</sup>. Bien souvent,

-----

(16) Ce qui confirme la fréquence plus élevée de la cyclogenèse dans le fond du golfe de Gascogne, soulignée par S. PETTERSSEN ( 538-I), p. 270. P. BIROT (61) p. 219.

comme dans les deux derniers exemples analysés, les formations nuageuses sont plus denses et les précipitations plus abondantes dans le Guipuzcoa que dans les régions de l'Europe plus proches des trajectoires suivies par les perturbations d'O.

IIc - LES TYPES DE TEMPS CYCLONIQUES FRAIS ET PLUVIEUX. LA SUPERIO-  
-----  
RITE PLUVIOMETRIQUE DES REGIONS VASCOcantabriques AFFIRMEE  
-----

Comme en hiver, les précipitations relativement froides de la saison estivale sont associées aux situations dépressionnaires qui provoquent l'advection rapide de masse d'air polaire instable sur le N de la Péninsule Ibérique. Bien sûr les perturbations ou les courants perturbés dirigés par des dépressions stabilisées qui suivent des trajectoires NS sont principalement responsables de ces états de l'atmosphère pluvieux et frais. Toutefois également, les perturbations de SO à travers les régions orientales de la Péninsule Ibérique entraînent des baisses sensibles de température par l'apport d'air polaire froid de retour.

Et pour des raisons géographiques identiques, ces principaux modèles de situation synoptique entretiennent les mêmes variations climatiques régionales que pendant l'hiver. Avec eux, les régions vascocantabriques connaissent des types de temps frais et très pluvieux alors que sur la façade occidentale les pluies froides de faible intensité diminuent progressivement de la Galice au Minho.

Bien plus, relativement les contrastes régionaux semblent s'accroître. Aussi bien les perturbations du secteur N que les perturbations froides de SO voient leur activité se maintenir ou s'accroître dans les régions vascocantabriques et faiblir, en revanche, dans la Galice et le Minho. Car, les

nouveaux facteurs géographiques qui contribuent à régénérer les perturbations de SO et d'O, se conjuguent avec les données saisonnières de la circulation atmosphérique pour renforcer la cyclogenèse sur le golfe de Gascogne, lors de l'advection des coulées polaires.

- A) LES TYPES DE TEMPS FRAIS ET PLUVIEUX ASSOCIES A DES COURANTS PERTURBES DE SO IBERIQUES, A L'E DU DOMAINE OCEANIQUE.

L'allongement de l'axe de la vallée planétaire au-dessus de la Péninsule Ibérique elle-même est parfois responsable de l'évolution de perturbations actives qui se déplacent vers le NE en débouchant directement sur le fond du golfe de Gascogne ou en longeant la bordure méditerranéenne de l'Espagne. En réalité comme en hiver, la vaste ondulation cyclonique est liée à une coulée polaire, issue de la Scandinavie et non du Canada septentrional ou du Groenland comme celles qui sont à l'origine des types de temps perturbés de SO. Dès lors, les régions occidentales de la Péninsule Ibérique et plus particulièrement le domaine océanique, sont envahis par de l'air polaire de retour plus froid mais également plus instable, après s'être réchauffé et humidifié au contact des surfaces maritimes plus chaudes. Son irruption provoque ainsi des chutes de thermomètre dans toutes les régions océaniques. Les températures maximales nettement inférieures aux normales oscillent autour de 17° 19°.

Surtout, cet air froid s'oppose violemment aux masses d'air chaud et humide des régions subtropicales atlantiques ou des régions méditerranéennes, pour entretenir des perturbations actives. Mais celles-ci qui évoluent rapidement vers l'occlusion, affectent principalement les régions vascocantabriques où elles provoquent des précipitations généralement plus intenses que dans la Galice et le Minho. La distribution des intensi-



tés pluviométriques journalières, en fonction de ces perturbations de SO ibériques responsables de temps frais et pluvieux met bien en évidence les fortes variations régionales .

| INTENSITES PLUVIOMETRIQUES JOURNALIERES EN % DU NOMBRE<br>TOTAL DE JOURS DE TEMPS PERTURBES FRAIS DE SO EN ETE<br>Juillet - Août 1946-65 |                      |       |     |     |      |      |      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|-------|-----|-----|------|------|------|
|                                                                                                                                          | Intensité en mm/24 h |       |     |     |      |      |      |
|                                                                                                                                          | 0                    | ≥ 0,1 | ≥ 3 | ≥ 6 | ≥ 12 | ≥ 24 | ≥ 50 |
| PORTO                                                                                                                                    | 60                   | 23    | 7   | 7   | 3    |      |      |
| LA COROGNE                                                                                                                               | 10                   | 46    | 3   | 6   | 4    |      |      |
| SAINT SEBASTIEN<br>IGUELDO                                                                                                               | 3                    | 40    | 10  | 30  | 10   | 7    |      |

L'inversion des effets pluviométriques entre le Minho et le Pays Basque, de l'hiver à l'été, est encore plus évidente que pour les autres perturbations de SO. Bien plus, les apports pluviométriques de ce type de perturbation sont bien plus élevés dans le Pays Basque que dans la Galice. Ainsi les perturbations de SO ibériques, bien que peu fréquentes (5% des jours tout au plus) interviennent pour entretenir la supériorité pluviométrique des régions vascocantabriques et surtout du Pays Basque en été.

Cependant dans le détail, l'action d'une telle perturbation dépend de la voie suivie et de la nature des masses d'air qui s'affrontent.

1°) Perturbation de SO déviée au-dessus du Pays Basque.  
30 août-1er septembre 1956.

A la fin du mois d'août 1956, une circulation méridienne est définie par l'extension d'une coulée froide scandinave

en direction des Açores et de Madère , alors qu'une vaste ondulation anticyclonique se développe sur l'Atlantique jusqu'à l'Islande. A partir du 30 août, le versant oriental de la vallée planétaire dirige un flux de SO sur la Péninsule Ibérique. Avec ce dernier apparaît à l'extrémité de la coulée froide, une ondulation du front polaire qui se développe au N des Açores. La dépression qui se creuse autour de cette ondulation, suit alors une trajectoire incurvée SO-NE de la Galice à la Belgique en passant par le fond du golfe de Gascogne (fig.3.80).

Les successions des états de l'atmosphère varient alors d'une région à l'autre du domaine océanique, en fonction de l'évolution de cette perturbation. Pendant la journée du 30 et la nuit du 31, le front chaud et le front froid de la perturbation, encore à son stade de jeunesse, balaient rapidement tout le N de la Péninsule, du Minho au Pays Basque. Mais c'est surtout, dans la Galice et les Asturies occidentales que s'étend d'abord le mauvais temps pluvieux. Dans ces régions, un corps nuageux dense de NS assombrit le ciel et apporte des pluies importantes, dans une ambiance froide pour la saison : plus de 20 mm en 24 heures consécutives aussi bien à La Corogne qu'à Gijon où les températures enregistrées sont nettement inférieures aux normales. En revanche, aux deux extrémités du domaine océanique, les fronts sont beaucoup moins actifs et la baisse de température est moins sensible. Dans le Minho qui est atteint seulement par les extrémités de ces discontinuités frontales, les pluies sont exceptionnellement faibles pour un régime perturbé de SO. De même, les précipitations diminuent régulièrement vers l'E, des Asturies orientales au Pays Basque, dans les régions situées en position d'abri par rapport au courant perturbé de SO , l'affaissement de l'air atténue l'instabilité des masses d'air et tend à disloquer les formations nuageuses qui ne fournissent plus que des précipitations insignifiantes, comme à S. Sébastien.

Dans la soirée du 31 et la nuit du 1er septembre, les oppositions régionales du temps varient brusquement de sens. Le S de la Galice et le Minho désormais sous l'influence de l'anticyclone atlantique froid, continuent à connaître un temps frais, mais ensoleillé. Par contre, le mauvais temps frais s'aggrave dans les régions vascocantabriques où de fortes pluies orageuses sont enregistrées principalement pendant la nuit du 1er septembre (fig 3.80). Pourtant le front froid s'est éloigné de ces régions pour traverser la France.

Mais, entre-temps, la perturbation atteint son stade de maturité caractérisé par le développement de l'occlusion. De fait, à partir du 31, un front occlus s'étend vers l'O et le NO et vient s'enrouler au-dessus du golfe de Gascogne. Or, il semble bien que ce front occlus soit responsable de l'aggravation du mauvais temps dans les régions vascocantabriques et le retour du temps pluvieux dans la Galice septentrionale. En réalité, le front occlus donne naissance à une "rétrograde" active parce que la circulation générale s'est fortement modifiée au-dessus du golfe de Gascogne. L'accroissement du tourbillon relatif dans le versant oriental de la vallée planétaire (isohypses sont plus rapprochées dans les niveaux élevés, sur carte contour 500 mb du 31 août) est encore augmenté par la convergence de l'air froid dans le fond du golfe de Gascogne, entraînant un rétrécissement de la colonne d'air froid expulsé et donc, par conséquent, une augmentation de son épaisseur et de sa vitesse de rotation. Ces facteurs dynamiques sont alors favorables au détachement d'une "goutte froide" de la coulée scandinave. C'est dès lors un véritable vortex qui se développe au-dessus du fond du golfe de Gascogne et qui est alors assez puissant pour activer l'aspiration de l'air chaud humide polaire maritime, mélangé certainement à de l'air méditerranéen chargé d'une très forte humidité en cette fin d'été. Le coin d'air chaud refroidi brutalement dans la colonne tourbillonnaire froide alimente ainsi la formation nuageuse dense de la rétrograde qui dessine une spirale autour de l'axe du vortex.



2°) Perturbation ibérique de SO longeant la côte Méditerranéenne  
4-5 août 1960. Les pluies froides orageuses dans le Pays  
Basque.

Une ondulation du front polaire, née sur le versant occidental d'une vallée froide aborde la Péninsule Ibérique par le NO (fig.3.31). Puis au S de l'Espagne, entraînée par le flux ondulatoire du courant d'O de la moyenne troposphère, elle longe la côte méditerranéenne se transformant en une perturbation de SO.

Du Levant au golfe de Lyon, elle reste au stade de maturité, caractérisé par une faible évolution vers l'occlusion. Le secteur chaud alimenté au début par de l'air polaire maritime chaud doit être renforcé par l'afflux d'air méditerranéen chargé de vapeur d'eau qui est soulevé le long du front occlus. Ce dernier très actif aborde ainsi par le S les Asturies et le Pays Basque, après avoir changé de direction au-dessus de la Galice orientale et des Cantabriques.

La Galice et le Minho connaissent donc un état de l'atmosphère pluvieux et frais présentant les aspects du type de temps perturbé du NO. En revanche, les Asturies et le Pays Basque sont soumis à l'action ranimée du front occlus, se déplaçant lentement sur le N. Il est responsable d'un mauvais temps très pluvieux et frais sur l'ensemble des régions vascocantabriques. Plus particulièrement, les fluctuations de ce front occlus qui prend l'allure d'une rétrograde sont à l'origine de deux violents épisodes pluvio-orageux sur le littoral basque, comme le montre le rythme diurne des pluies à Saint Sébastien.

L'arrivée de l'extrémité de la vallée planétaire, sur le N de l'Espagne, entretient une forte cyclogenèse qui se marque probablement par la présence d'une colonne froide tourbillonnaire sur le golfe de Gascogne. C'est autour de l'axe

de celle-ci que s'enroule le système nuageux alimenté par le refroidissement de l'air chaud chargé d'une forte quantité de vapeur d'eau. Et les phénomènes de condensation sont d'autant plus puissants que les conditions dynamiques de la circulation, permettent à l'air froid de s'écouler au-dessus de l'air humide (cf. radiosondages de Bordeaux). L'élargissement de la goutte froide dans la moyenne troposphère a en effet pour conséquence d'augmenter le gradient thermique vertical et par suite l'instabilité.

En fait, les conditions d'évolution de ce mauvais temps de SO ne diffèrent guère de celles du mauvais temps engendré par les perturbations de NO.

- B) LES TYPES DE TEMPS FRAIS PERTURBES DE NO. LES PRECIPITATIONS INTENSES SUR LES REGIONS VASCO-CANTABRIQUES.

En été, les perturbations qui suivent des trajectoires NO-SE sur la façade atlantique de l'Europe occidentale, produisent dans les régions septentrionales de la Péninsule Ibérique des effets climatiques identiques à ceux qui apparaissent pendant la saison froide.

Dans tout le domaine océanique ces perturbations de NO sont responsables de baisses de température qui restent cependant modérées puisque dans les stations littorales, les maximums se stabilisent entre 18° et 20° et les minimums 12°, 14°. Mais, cette diminution thermique produit une impression de froid, car elle s'accompagne de pluie et de vents de NE assez forts. Pour l'ensemble des régions océaniques, le type de temps perturbé de NO correspond donc bien à une ambiance fraîche et humide au coeur de la saison chaude.

Toutefois, les perturbations de NO continuent à séparer les régions océaniques selon les mêmes rapports géographiques. Dans le Pays Basque et les régions cantabriques, le mauvais temps perturbé de NO se déroule toujours selon les aspects généraux analysés à propos de l'hiver. D'autre part, les Rías Bajas et le Minho en position d'abri continuent à être beaucoup moins arrosés que la Galice septentrionale.

Bien plus, lorsque l'on compare les fréquences des intensités pluviométriques journalières liées à ces perturbations en été, à celles de la période hivernale, on constate une accentuation des contrastes régionaux. La probabilité d'obtenir en été par courant perturbé de NO des fortes pluies égales ou supérieures à 12 mm/24 h diminue sensiblement dans la Galice et le Minho, alors qu'elle augmente dans le Pays Basque. Ainsi, à Santander où l'activité générale des perturbations de NO semblent faiblir quelque peu, les plus fortes intensités pluviométriques en régimes perturbés de NO dépassent cette fois 50 mm/24 h.

| FREQUENCES RELATIVES DES INTENSITES PLUVIOMETRIQUES<br>JOURNALIERES EN REGIMES PERTURBES DE NO.<br>Juillet-Août période 1946-1965 |    |                                            |    |    |    |    |    |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|--------------------------------------------|----|----|----|----|----|-----|
| -----                                                                                                                             |    |                                            |    |    |    |    |    |     |
|                                                                                                                                   |    | en % du nombre total de jours perturbés de |    |    |    |    |    |     |
|                                                                                                                                   |    | NO intensité mm/24                         |    |    |    |    |    |     |
|                                                                                                                                   |    | 0                                          | 3  | 6  | 12 | 24 | 50 | 100 |
| (S. Sébastien                                                                                                                     | 0  | 25                                         | 14 | 8  | 31 | 13 | 9  |     |
| ( Igueldo                                                                                                                         |    |                                            |    |    |    |    |    |     |
| (Santander                                                                                                                        | 0  | 20                                         | 31 | 29 | 13 | 3  | 13 |     |
| ( La Corogne                                                                                                                      | 22 | 30                                         | 15 | 16 | 15 | 3  |    |     |
| ( Porto                                                                                                                           | 45 | 28                                         | 15 | 3  | 6  | 3  |    |     |
| (                                                                                                                                 |    |                                            |    |    |    |    |    |     |



C'est à dire, pour les pluies journalières égales ou supérieures à 12 mm : 54 % à Saint Sébastien au lieu de 46 % en hiver, 29 % à Santander au lieu de 36 %, 18 % à La Corogne au lieu de 23 % et 9 % seulement à Porto au lieu de 16 %. Aussi, bien qu'elles soient peu fréquentes (à peine plus de 5 % pour la période 1946-1965), ces perturbations de NO entretiennent-elles principalement la forte pluviosité estivale du Pays Basque. Car leur activité est renforcée par des facteurs géographiques permanents, mais également saisonniers qui activent la cyclogénèse.

Ces perturbations de NO sont actives lorsqu'elles sont liées à des "gouttes froides" isolées qui aboutissent dans le fond du golfe de Gascogne. En fait, dans le détail, leurs effets régionaux dépendent de la trajectoire suivie par la perturbation, de son point d'impact dans le domaine océanique.

#### 1°) Les perturbations de NO affectant directement la Galice

La partie la plus active des systèmes nuageux de NO abordent rarement la Péninsule Ibérique par la Galice ou le Minho. Toutefois, lorsqu'une ondulation du front polaire se déplace vers le SE en passant par le NO de l'Espagne, lorsqu'un corps nuageux venu de NO est dirigé sur la Galice par une dépression stabilisée au S de l'Islande, la probabilité d'obtenir des fortes pluies en Galice est plus élevée que dans les autres régions.

- a) Perturbation de NO traversant la Galice. Ex. 14-15 juillet 1956. Le temps froid et très pluvieux sur les montagnes de la Galice intérieure.

Exceptionnellement, au milieu du mois de juillet 1956, la pointe d'une ondulation du front polaire traverse en diagonale, du NO au SE, la Galice (fig.3.82). Elle est dirigée par un courant de NO établi sur le versant occidental d'une coulée froide développée du Groënland à la France de l'Ouest. En fait, cette ondulation se forme probablement à la suite de l'aspiration de l'air chaud par le "vortex" qui s'est développé à l'extrémité de la coulée polaire au S de l'Islande.

La perturbation évolue rapidement au-dessus de la Péninsule. L'air chaud humide tropical maritime, est refoulé rapidement en altitude par l'air polaire maritime instable postérieur et c'est un front occlus à caractère de front froid qui balaie les Asturies et le Pays Basque dans la journée du 14 juillet. Ce soulèvement rapide de l'air chaud, comme le confirme l'analyse des radiosondages du Point K, entretient un corps nuageux de Sc et de Ch qui fait régner un temps couvert frais et pluvieux.

Les températures maximales inférieures aux normales s'uniformisent sur les régions côtières ( $19^{\circ}$ - $20^{\circ}$ ) alors qu'elles baissent plus sensiblement sur les plateaux intérieurs de la Galice ( $18^{\circ}$  à Santiago). Car sur les régions élevées de la Galice Orientale et des Cantabriques, les précipitations sont abondantes. Les mouvements ascendants de l'air chaud et de l'air postérieur instable sont principalement développés le long des massifs montagneux qui reçoivent de plein fouet la pointe du secteur chaud où commence à se développer l'occlusion. Ainsi, les précipitations les plus intenses se répartissent sur l'axe montagneux à l'E de la Galice, de la Sierra del Gistral à la Sierra de Ancares, en passant par la Sierra de Meira où les totaux pluviométriques recueillis dans la journée du 14 et la

nuit du 15 juillet dépassent 40 mm. De là, les précipitations diminuent en direction du Minho et des Asturies orientales.

Cependant, les pluies sont un peu plus abondantes sur le littoral basque où les averses les plus drues se produisent dès l'après-midi, lorsque le corps nuageux du front occlus rejoint le voile nuageux de traîne de la perturbation précédente. En revanche, à la Corogne, les abats d'intensité moyenne qui sont enregistrés dans la soirée du 14, sont principalement liés à l'irruption de l'air polaire instable à l'arrière du front froid.

Le déferlement de ces masses d'air maritime instable peut ainsi entretenir un temps très mauvais de plus longue durée quand une dépression stabilisée à l'entrée du golfe de Gascogne donne naissance à un flux de NO qui affecte principalement la Galice et le Minho.

b) - Type de temps perturbé de NO en Galice et Minho dû à une dépression stable à l'entrée du golfe de Gascogne - Ex. 1-4 juillet 1958.

L'advection d'air polaire maritime froid instable.

Une dépression qui a dirigé un flux perturbé d'O à la fin du mois de juin, se stabilise au N du Golfe de Gascogne, face à la Bretagne entre les parallèles 45 et 50°. Cette situation barométrique correspond à une phase évoluée de la circulation méridienne, lente, avec l'apparition d'une colonne cyclonique froide (-20°) sur la France de l'Ouest et l'isolement d'une cellule anticyclonique (-10°) sur la Scandinavie. La colonne froide, ou vortex, qui se maintient pendant plusieurs jours, est alors responsable d'une invasion de masses d'air polaire maritime de plus en plus froides sur le N de la Péninsule. D'après les cartes synoptiques cette succession de masses d'air semble s'effectuer progressivement ; aucune



surface de discontinuité n'est signalée après le passage du front froid du régime perturbé d'Ouest qui traverse la Galice et le Minho dans la nuit du 30 juin au 1er juillet en y provoquant d'importantes précipitations(fig. 333).

Or, celles-ci se poursuivent jusqu'au 4 juillet, plus particulièrement sur la Galice septentrionale et s'expliquent être dues à l'advection de masses d'air froides instables qui se déchargent progressivement de leur humidité du N vers le S en même temps qu'elles s'affaiblissent. Ainsi, pendant les 4 jours au cours desquels la Galice et le Minho sont situés dans le secteur SO de la dépression stable, le temps est de plus en plus pluvieux, de plus en plus nébuleux et de plus en plus froid en allant de la région de Porto vers les régions septentrionales de la Galice, comme le montrent les valeurs des principales données météorologiques du 3 juillet :

|            | Maxima | Minima | %<br>d'insolation | Pmm   |
|------------|--------|--------|-------------------|-------|
| PORTO      | 18,7   | 12,6   | 48 %              | 2 mm  |
| VIGO       | 16,0   | 13,0   | -                 | 2 mm  |
| LA COROGNE | 15,0   | 13,0   | 0                 | 16 mm |
| CAP VARES  | 14,0   | 11,0   | -                 | 18 mm |
|            |        |        |                   |       |
|            |        |        |                   |       |

Effectivement, l'analyse des radiosondages de la station de la Corogne confirme bien la présence de masses d'air polaire maritime instable dès le 1er et le 2 juillet. Déjà ces jours-là contrairement à ce que le B.Q.E. semble indiquer, l'air polaire maritime froid a remplacé au-dessus de la Galice l'air polaire maritime. Or, l'air plus froid est également plus instable ; chargées d'humidité lors de son déplacement vers le Sud, ses basses couches ont subi un réchauffement relatif plus important. De sorte qu'il suffit d'une faible élévation de

température pour atteindre, dépasser même, la température de convection ( $15$  à  $16^{\circ}$ ) et accroître ainsi le taux déjà élevé de décroissance verticale de la température, dans les premiers mille mètres. Ces conditions d'instabilité sont alors favorables à la création de puissants mouvements ascendants et par suite au développement de cumulo-nimbus qui provoquent d'intenses averses au cours de la matinée et à la tombée du jour le 2 juillet (fig.3.83).

Cependant, il semble que ce mauvais temps pluvieux ne soit pas toujours dû uniquement à la présence d'un air polaire maritime froid instable. Justement le 3, l'étude de la structure verticale de l'atmosphère souligne, en plus, l'advection d'un air humide plus chaud en altitude (fig.383 ). Celui-ci aspiré vers le NE par le vortex est entraîné dans un mouvement ascendant au-dessus de l'air polaire froid, contribuant à alimenter les précipitations importantes enregistrées dans le N de la Galice.

Ainsi, deux types d'évolution de masses d'air aboutissent à des conséquences identiques sur l'état de l'atmosphère d'une même région, soulignant une nouvelle fois la difficulté de classer les types de temps, et de généraliser certaines explications.

D'autre part, cette situation dépressionnaire stagnante dirige un flux de SO sur les régions vascocantabriques qui sont situées dans son secteur SE. Aussi, les régions sont-elles en position d'abri : les masses d'air polaire maritime en voie d'affaissement sur le versant septentrional des Cantabriques tendent à se stabiliser. Dès lors, si le ciel reste encore très nuageux, principalement le 3, les précipitations enregistrées deviennent faibles. C'est seulement à la fin de la journée du 4 que les pluies sont un peu plus importantes lorsque la dépression s'est déplacée vers l'E, dirigeant un flux de NO sur le Pays Basque. Mais déjà, la dépression est en voie de comblement et le mauvais temps de NO a perdu de son intensité.

2°) Le mauvais temps perturbé de NO exacerbé dans les régions vascocantabriques.

Les perturbations de NO suivent plus fréquemment la trajectoire V de Van Bebber : à part quelques rares cas où elles se heurtent à la chaîne Cantabrique, elles passent en effet le plus souvent dans la partie orientale du golfe de Gascogne. Elles affectent ainsi directement le Pays Basque qui est fortement arrosé. Mais les précipitations les plus intenses sont apportées principalement par les perturbations associées à des gouttes froides isolées qui évoluent sur la bordure occidentale d'une coulée polaire. Car dans ces situations synoptiques, les facteurs dynamiques et les facteurs géographiques se conjuguent pour accroître les mouvements ascendants de l'air froid expulsé et accélérer ainsi la cyclogénèse dans le fond du golfe de Gasocgne.

a) La répartition géographique du mauvais temps pluvieux, fonction de la voie exacte suivie par la perturbation de NO.

- a<sub>1</sub>) - Perturbation de NO sur le golfe de Gascogne  
par le bassin d'Aquitaine - Ex. le 29-30 août  
1963. Les fortes pluies dans le Pays Basque.

La deuxième quinzaine du mois d'août 1963 est caractérisée par l'établissement d'une circulation zonale rapide. Associé à un fort contraste thermique dans la moyenne troposphère (vallée froide - 20° - 25 ° sur la Mer du Nord, crête anticyclonique - 5° sur le SO du Portugal), un violent courant jet de NO se développe entre l'Islande et la Péninsule Ibérique. Il provoque ainsi la déviation d'une perturbation d'O évoluant au N du parallèle 50°. Elle suit dès lors la trajectoire V, du SO de l'Islande au fond du Golfe de Gascogne; en longeant la côte méridionale de la Bretagne et le littoral vendéen.



C'est une perturbation très active à peine occluse qui débouche ainsi directement sur les Asturies et le Pays Basque. La pointe du secteur chaud où les systèmes nuageux des fronts chauds et froids se confondent, est à l'origine d'un temps frais, maussade, pluvieux qui règne de la Galice au Pays Basque le 29 août. Dans cette dernière région, ce mauvais temps de NO se prolonge pendant la nuit du 30 qui est marquée par un redoublement des précipitations : près de 20 mm en 6 heures à S. Sébastien. C'est qu'après le passage de la pointe du secteur chaud, le front froid du fait de son tracé arqué évolue une deuxième fois au-dessus du Guipuzcoa.

La forte activité du front froid résulte du glissement de plus en plus rapide de l'air chaud au-dessus du dôme d'air froid. Non seulement, l'air chaud s'élève au-dessus de ce dernier mais encore l'accroissement de sa vitesse dans le sens horizontal (cf. radiosondages La Corogne) est favorable à des mouvements ascendants internes. Or, à ces conditions atmosphériques viennent s'ajouter des facteurs géographiques qui renforcent l'instabilité de l'air froid sous-jacent : forte humidification des basses couches de l'air au contact des eaux océaniques relativement tièdes dans le fond du golfe de Gascogne, convergence de l'air froid qui tend à s'échapper vers le S. plus rapidement, au-dessus des collines basques. La somme de ces données explique la forte augmentation de l'intensité pluviométrique pendant la dernière phase de l'évolution de la perturbation de NO.

En revanche, les Rías Bajas et le Minho, à la limite du courant perturbé et de l'anticyclone des Açores sont à peine effleurés par les fronts. Comme en hiver avec ce genre de perturbation, le temps devient plus clair et les précipitations se font rares. Seule la bordure nuageuse du front froid provoque quelques faibles pluies qui sont difficiles à attribuer à la perturbation de NO, car le front chaud d'une nouvelle perturbation d'O prolonge immédiatement le front froid de NO, dans la journée du 29.

- a<sub>2</sub>) - Perturbation d'ONO affectant principalement les Asturies. Ex. 9 au 11 août 1959.

Pendant ces trois jours un temps pluvieux aux températures maximales légèrement inférieures aux normales (20°-21° le long des littoraux) règne sur l'ensemble du domaine océanique. Toutefois, les plus forts totaux pluviométriques sont localisés au centre de celui-ci, dans les Asturies : les précipitations sont particulièrement abondantes sur les massifs occidentaux des Cantabriques (région de Tineo) et les chaînes littorales des Asturies orientales, Sierra de Sueve et Sierra de Cuera (fig. 3.85).

Dans une première analyse, cet épisode pluviométrique est lié au passage d'un front froid isolé qui aborde la Péninsule suivant une trajectoire ONO-ESE (fig. 3.85). Il marque l'expansion vers le SE, du golfe de Gascogne au Bassin méditerranéen d'une coulée polaire provoquant l'advection d'un air polaire maritime instable.

Cependant, le seul passage du front froid ne suffit pas à expliquer l'évolution du temps pluvieux de NO et la localisation des fortes précipitations. De fait, l'étude de la répartition dans le temps de ces pluies souligne le fait que les averses les plus intenses éclatent bien après le passage du front froid, pendant la journée du 9 août. En Galice, le maximum pluviométrique est enregistré dans l'après-midi du 10 août et dans les Asturies, au cours de la soirée du même jour, alors que le front a déjà atteint les régions méditerranéennes.

|                 | 9 août       | 10 août            | 11 août     |
|-----------------|--------------|--------------------|-------------|
|                 | jour: 7h 13h | nuit: jour         | nuit: jour  |
|                 | passage      | : 18h-7h : passage | : du sec- : |
|                 | front froid  | : teur S de la     | :           |
|                 | :            | : goutte froide    | :           |
| VIGO            | 0            | 1                  | 7           |
| LA COROGNE      | 5            | 2                  | 10          |
| GIJÓN           | 3            | 5                  | 0           |
| SANTANDER       | 10           | 1                  | 0           |
| SAINT SEBASTIEN | 5            | 8                  | 0           |

Ce rythme pluviométrique peut être mis sur le compte de l'advection de l'air polaire maritime dont l'instabilité permet le développement des Cb responsables des fortes averses. Mais alors pourquoi après une accalmie postérieure au front froid, les précipitations redoublent-elles dans les Asturies ? En réalité l'accroissement des mouvements ascendants dans l'air froid est lié à une évolution rapide de la circulation générale qui ressort mal sur les cartes synoptiques. Le 10, une faible dépression apparaît au N de la Galice et se déplace vers les Asturies tout en s'affaiblissant. Ce noyau de baisse barométrique est le résultat d'une cyclogénèse secondaire de faible dimension qui se développe dans le secteur méridional d'une goutte froide, là où les grands courants d'O de la moyenne troposphère changent brutalement de direction. L'axe de cette colonne tourbillonnaire se déplace justement sur les Asturies où des barrières topographiques accentuent le soulèvement de l'air maritime instable.

De fait, les perturbations de NO deviennent extrêmement actives lorsque des "gouttes froides" isolées, plus importantes, débouchent dans le fond du golfe de Gascogne.



b) La forte activité des perturbations de NO dans les régions vascocantabriques. fonction de l'irruption d'une goutte froide isolée dans le fond du golfe de Gascogne.

En été, l'activité des perturbations de NO est surtout renforcée par la présence fréquente dans le fond du golfe de Gascogne, de "gouttes froides" qui représentent des colonnes cycloniques détachées des coulées polaires s'étalant vers le bassin méditerranéen. Ces colonnes sont des lieux de forte ascendance dynamique et de violents affrontements de masses d'air contrastées. Elles sont par suite souvent responsables de phénomènes pluvio-orageux d'une exceptionnelle intensité dans les régions vascocantabriques.

En fait, nous savons que ce n'est pas par hasard que ces colonnes cycloniques se renouvellent plus particulièrement dans le fond du golfe de Gascogne. Nous savons que la figuration du littoral accentue certainement la courbure cyclonique de l'extrémité de la vallée planétaire lorsque celle-ci débouche sur le golfe de Gascogne. Surtout à la convergence du flux de N, imposé par les conditions topographiques au-dessus du Pays Basque, vient s'ajouter l'effet du réchauffement relatif des eaux océaniques de surface, dans le fond du golfe de Gascogne. Là, les transferts d'énergie sous forme de chaleur et de vapeur d'eau rendent instables les basses couches de l'atmosphère. Ainsi, tous ces facteurs contribuent à augmenter l'épaisseur de la colonne d'air froid et donc par conséquent à accroître encore son tourbillon relatif. Par suite, avec une perturbation de NO, la cyclogénèse atteint une très forte intensité dans le fond du golfe de Gascogne qui devient un lieu de convergence de masses d'air très contrastées.

Dès lors des types de temps de NO très pluvieux s'expliquent alors qu'ils correspondent dans les basses couches de l'atmosphère à une situation cyclonique mal définie.

- b<sub>1</sub>) - Type de temps très pluvieux de NO dans les  
régions vascocantabriques à l'arrière du front d'un  
courant perturbé de NO - 1<sup>er</sup> et 2 août 1951.

Au début du mois d'août 1951, les états de l'atmosphère varient fortement du Pays Basque au Minho. Le Pays Basque et les Asturies Orientales connaissent pendant ces deux jours un temps frais (maximums 18-19° dans les stations littorales) et exceptionnellement pluvieux : Santander reçoit 36 mm en 6 heures dans la seule matinée du 1<sup>er</sup> août. Mais l'intensité des pluies diminuent vers l'O comme le montrent les quantités d'eau beaucoup plus faibles recueillies à Gijón. Finalement, le temps change complètement d'aspect en Galice et dans le Minho. Après la journée maussade du 31 juillet 1951, le ciel s'éclaircit et les températures dépassent à nouveau les normales, aussi bien à la Corogne qu'à Porto.

Or, entre le 31 juillet au soir et le 2 août, toutes les régions du domaine océanique sont parcourues par un courant perturbé de NO qui s'établit, selon le B.Q.E., de la dépression islandaise D4 à la zone de basses pressions sahariennes. Ce courant est caractérisé par un système frontal en voie d'occlusion. Ainsi, l'activité du front augmente rapidement de l'O vers l'E. En fait, le mauvais temps pluvieux atteint son maximum d'intensité après le passage du front. Bien sûr, comme en hiver les précipitations postfrontales sont imputables à la convergence de l'air froid qui s'engouffre dans le col basque entre les Picos de Europa et les Pyrénées, mais en partie seulement. L'intensité pluviométrique maximale coïncide surtout avec l'arrivée dans le fond du golfe de Gascogne de l'axe de la vallée froide qui imprime à l'air polaire un mouvement cyclonique (fig.386 ). Et l'effet de ce dernier vient s'ajouter aux conséquences de la convergence de l'air froid imposée par les conditions topographiques et de l'augmentation du transfert

d'énergie aux basses couches de l'atmosphère à partir d'une surface relativement plus chaude, pour augmenter le tourbillon relatif de la colonne d'air. Dès lors, se détache de la coulée polaire, une "goutte froide" qui apparaît plus nettement le lendemain sur les Pyrénées Orientales, et qui auparavant est responsable de violents mouvements ascendants au-dessus du Pays Basque.

Cette interprétation est confirmée par l'analyse d'autres types de temps encore très pluvieux qui sont toujours associés aux passages de "gouttes froides" nettement plus isolées.

- b<sub>2</sub>) - Le mauvais temps très pluvieux du NO sur  
le Pays Basque lié à l'action d'une goutte froide -  
-----  
La confirmation d'une cyclogénèse postfrontale  
dans le fond du golfe de Gascogne - 6 août 1963.

Du 4 août au soir à la nuit du 6 août, une perturbation 29 b se déplace de l'Islande au golfe de Gênes. Elle correspond à l'extension rapide d'une coulée polaire en direction de la Péninsule Ibérique (fig.387). Un corps nuageux, associé au front chaud et au front froid très rapprochés, balaie tout le domaine océanique y faisant régner un temps sombre, pluvieux et frais. Partout le 5 août, le ciel est couvert et les températures maximales diurnes baissent sensiblement après le passage du front froid, car, à l'arrière de la perturbation l'air polaire froid expulsé présente des conditions d'instabilité sélective qui expliquent l'activité de ce front froid.

Cependant, les effets pluviométriques de cette perturbation varient selon les conditions géographiques. Ainsi sur la façade occidentale, les précipitations diminuent-elles vers le Sud. De la Galice au Minho, le système nuageux se



désagrège et pendant la journée du 5 à Porto, de belles éclaircies alternent avec les passages de nuages d'instabilité (Cu - Cb), responsables d'averses. Mais, c'est principalement sur les hauteurs que les différences pluviométriques s'accroissent. Les hauts massifs de la Galice septentrionale qui reçoivent de plein fouet les formations nuageuses frontales et obligent l'air froid instable à s'élever, sont fortement arrosés comme le montre la hauteur d'eau recueillie par la station de Fonsagrada : 57 mm. En revanche, à part Rianjo qui enregistre 25 mm, les stations des Rías Galiciennes du SO sont beaucoup moins pluvieuses, et dans les stations les plus élevées des hauteurs du Minho les précipitations ne dépassent guère 15 mm.

Cette fois encore, l'étalement et l'affaiblissement vers le S de l'air froid tend à diminuer l'instabilité de l'atmosphère et par suite l'activité du front froid. Puis rapidement dans cette expulsion froide, le mouvement de subsidence s'accroît en direction du Minho, créant un temps de traîne puis de dorsale barométrique beaucoup plus chaud et plus ensoleillé à Porto qu'à La Corogne.

Mais, l'enchaînement des états de l'atmosphère est beaucoup plus original dans les régions vascocantabriques et particulièrement dans le Pays Basque. D'abord, le mauvais temps pluvieux commence plus tardivement, selon le déplacement du front froid qui est responsable d'ailleurs de précipitations plus abondantes, comme le prouve la répartition des pluies, au cours de la journée du 5 à Gijón comme à S. Sébastien. Surtout, le mauvais temps pluvieux dure plus longtemps et se prolonge pendant toute la nuit et la journée du 6, alors que le front froid est déjà fort éloigné et débouche sur le Bassin Méditerranéen. Bien plus, les précipitations redoublent d'intensité et ce sont des pluies diluviennes qui s'abattent dans la soirée sur le Pays Basque espagnol (fig.3.87) où les consé-

quences cependant semblent être moins catastrophiques que dans la région de Biarritz.

G. VIERS a déjà étudié ce mauvais temps pluvieux d'été au Pays Basque. Il a montré à juste raison le rôle important de l'advection froide en altitude qui a entraîné une brutale augmentation du gradient vertical de la température, accentuant l'instabilité de l'air polaire maritime expulsé<sup>(1)</sup>. Il est certain que l'analyse des cartes contour à 500 mb des 5 et 6 août (fig.387) souligne le passage juste au-dessus du Pays Basque d'une dépression froide fortement creusée dans les couches moyennes et élevées de la troposphère. Cette cyclogénèse postfrontale au-dessus du golfe de Gascogne, responsable de puissants mouvements ascendants, résulte encore de la convergence de multiples facteurs. D'abord le détachement de cette dépression froide de la puissante coulée polaire a été provoqué par un accroissement du tourbillon relatif. La colonne d'air froid qui se déplace vers le SE sur le versant occidental de la vallée froide subit un rétrécissement de sa base en arrivant dans le golfe de Gascogne. Or, ce rétrécissement qui s'accroît vers le fond du Golfe entraîne une augmentation de l'épaisseur de la colonne et par conséquent un accroissement du rotationnel comme nous le savons déjà. La dépression ainsi amorcée augmente à son tour le mouvement ascendant des basses couches chargées d'humidité de l'air froid instable. Enfin ce puissant mouvement d'aspiration vers le haut est encore accentué par l'écoulement convergent de l'air froid imposé par les conditions topographiques.

- b<sub>3</sub>) - Le renforcement des contrastes géographiques avec une famille de perturbation de NO sur l'Europe Occidentale - 21 et 23 août 1965. Les pluies diluviennes dans les régions vasco-cantabriques.

L'augmentation de l'amplitude de l'ondulation cyclonique du courant jet au-dessus de l'Europe Occidentale

---

(1) G. VIERS ( 709), p. 116.

peut provoquer la déviation vers le SE d'une perturbation ayant atteint le N des Iles Britanniques. Ainsi le 21 août 1965 une dépression atlantique septentrionale se déplace de l'Ecosse vers le Centre de l'Allemagne. Encore très active, elle dirige sur la France et le N de l'Espagne un front chaud, un front froid et un front froid secondaire qui se succèdent rapidement.

Surtout pendant la journée du 22, le passage des discontinuités froides provoquent un temps très frais et très pluvieux dans les régions vascocantabriques : Santander, S. Sébastien recueillent près de 60 mm d'eau au cours de 24 h de pluies consécutives du 21, 18 h au 22, 18 h, pendant que le thermomètre accuse une baisse sensible et enregistre des maximums thermiques bien faibles pour la saison : tout juste 16° à S. Sébastien. Par opposition, vers l'O, si le temps reste encore frais avec des températures maximales inférieures aux normales, les pluies diminuent fortement. Quelques averses, provoquées par des systèmes nuageux disloqués aux extrémités méridionales des fronts, fournissent de faibles pluies à La Corogne (1 mm), à Vigo (2 mm) et à Porto (0,5 mm).

Déjà dans ces régions l'expulsion froide permet l'extension de l'anticyclone maritime qui renforce le 23, le caractère ensoleillé du temps, tandis que le mauvais temps pluvieux de NO se prolonge et même s'intensifie dans les régions vascocantabriques. D'énormes quantités d'eau continuent à s'abattre dans cette partie du domaine océanique : en 24 heures consécutives, du 22 au soir au 23 au soir, Santander enregistre cette fois 87 mm !

Le renforcement du mauvais temps de NO est lié à l'apparition d'une nouvelle perturbation de NO qui se développe au-dessus de la France de l'O et dirige un front froid actif sur le golfe de Gascogne. En fait, elle représente la base



d'une "goutte froide" qui s'est détachée de la vallée planétaire évoluant sur la Mer du Nord. Dans cette colonne tourbillonnaire l'accumulation de l'air froid en altitude augmente le gradient thermique vertical et l'instabilité de l'atmosphère qui est soulevé en bloc le long des massifs vascocantabriques.

Ainsi ces "gouttes froides" qui se développent toujours à l'arrière du front froid d'un courant perturbé de NO sont à l'origine de précipitations diluviennes dans les régions vascocantabriques et sont, par conséquent, principalement responsables des moyennes pluviométriques mensuelles estivales relativement élevées de ces régions.

- C) LES TYPES DE TEMPS CYCLONIQUES A TENDANCE FROIDE DE N ET  
-----  
DE NE.  
-----

Les perturbations de N et de NE sont exceptionnelles en été, leurs effets n'en sont pas moins intéressants à étudier, liées à des puissantes coulées issues généralement de la Scandinavie et aboutissant sur les régions méditerranéennes, elles sont à l'origine des chutes de température les plus sensibles.

Mais bien qu'elles soient le résultat de violents contrastes entre l'air très froid polaire et l'air chaud humide stagnant sur la Méditerranée, elles sont généralement moins actives que les perturbations de NO. Car le plus souvent, les extrémités des vallées planétaires ne débouchent pas sur le fond du golfe de Gascogne où elles n'entraînent pas un accroissement élevé du tourbillon relatif responsable d'une cyclogénèse puissante.

1°) Les perturbations de N.

Ainsi ces perturbations entretiennent des oppositions régionales identiques à celles produites durant la saison froide. Ainsi, le mauvais temps perturbé de N est très atténué dans la Galice et le Minho qui connaissent même parfois de belles éclaircies, d'une part, parce que ces régions sont plus éloignées des voies actives des courants perturbés de N, et surtout parce que l'affaissement de l'air froid, son étalement accentué par la déflexion vers l'E, diminuent sensiblement l'instabilité des masses d'air froid en voie de réchauffement. Toutefois, si la nébulosité reste très élevée sur les régions vascocantabriques les précipitations sont moins intenses que celles provoquées par les perturbations de NO.

a) Flux perturbé de NNO associé à une dépression stable sur les Iles Britanniques. Ex. 8-9 juillet 1947. Type de temps frais et peu pluvieux sur la Galice ensoleillée sur le Minho.

- Conditions synoptiques générales.

De la même façon qu'en hiver, durant l'évolution de la circulation zonale, l'amplitude des ondulations des courants d'Ouest peuvent augmenter. La circulation se ralentissant, il arrive que la dépression d'ouest du front polaire se stabilise sur les Iles Britanniques tandis que le N de la Péninsule Ibérique est situé dans le secteur sud du versant occidental de la vallée froide. De ce fait, cette région voit se succéder comme lors de l'établissement d'une dépression sur le Golfe de Gascogne, des masses d'air polaire de plus en plus froides, séparées par des fronts froids secondaires. Ainsi, du 7 au 9 juillet 1947, le développement d'une coulée polaire en direction du golfe de Gascogne provoque des expulsions de plus en plus froides sur la Péninsule.

Ce puissant flux d'air polaire froid, guidé par une circulation méridienne N est partout responsable d'un brusque refroidissement de l'atmosphère. Dans tout le domaine océanique les stations enregistrent les températures les plus basses de l'été. Cependant, le caractère nébuleux et la quantité des pluies varient fortement d'une région à l'autre. Comme en hiver, au cours de leur déplacement vers le S, les masses d'air polaire froid se heurtent aux reliefs élevés du N de l'Espagne, et leur écoulement se modifie en fonction des conditions topographiques que nous connaissons déjà. A l'Ouest par suite de la déflexion et de l'effet de divergence, les fronts froids sont de moins en moins actifs et le ciel s'éclaircit de la Galice au Minho. A l'est, l'air instable qui s'engouffre au-dessus du Pays Basque est soumis à de puissants mouvements ascendants.

#### - Les aspects des états de l'atmosphère.

De fait, dans le Pays Basque et la région de Santander, le temps est frais, très nébuleux et pluvieux. Particulièrement après le passage du front froid (fig 3.69), le 3 juillet apparaît comme la journée la plus froide de l'été 1947, avec des maximums thermiques qui descendent à 16°8 à Santander, 15°8 à S. Sébastien-Igueldo ! Il pleut toute la journée et les hauteurs d'eau recueillies sont relativement élevées, en particulier dans la station basque où le pluviomètre enregistre 19 mm. Cependant, le lendemain malgré la persistance du temps nuageux, les précipitations diminuent fortement et la température se relève avec l'affaïssement de l'air froid qui entraîne l'installation d'une faible dorsale barométrique.

Dans la Galice et le Minho des vents assez forts de N à NO pouvant atteindre jusqu'à 60 km/h à Porto, accompagnent une baisse sensible des températures maximales qui ne dépassent guère les valeurs des déciles inférieurs des températures quotidiennes du mois de juillet : 19°8 à La Corogne, 18°8 à



Porto. La chute des minimums est encore plus accusée dans le Minho où la nuit du 9 est vraiment froide avec  $9^{\circ}5$  à Porto et  $5^{\circ}$  à Montalegre, par exemple. Car, le temps est moins nébuleux et le rayonnement nocturne plus élevé dans cette région. Ainsi, pendant cette journée du 8, le ciel reste constamment clair au-dessus de Porto alors qu'une couche nuageuse de Sc apporte quelques précipitations le matin à La Corogne et y réduit l'insolation relative à 38 %. Bien sûr, la nébulosité s'accroît dans le Minho au passage des fronts froids secondaires qui traversent le N de la Péninsule Ibérique, dans la journée du 8 et la nuit du 9 juillet, mais seules les stations de la Galice recueillent des précipitations mesurables (3 mm à la Corogne, 2 mm à Santiago et à Vigo).

Ainsi, l'affaissement des masses d'air froid sur la Péninsule Ibérique, loin de leur source d'origine, entretient la dégénérescence progressive du front froid vers le S.

b) Le courant perturbé de N des Iles Britanniques à la Méditerranée. Ex. 4 juillet 1965.

Au début du mois de juillet 1965, l'extension vers le S d'une coulée polaire issue de Scandinavie est facilitée par la présence de la dépression froide lusitanienne stagnant entre la Péninsule et les Açores. Ainsi dès le 3 juillet, une vaste vallée planétaire de la Scandinavie au Maroc dirige un puissant flux de N. Son irruption accentue le creusement de la dépression sur le golfe de Gênes et réactive le front orageux de la dépression lusitanienne qui provoque un temps très pluvieux se propageant de la Galice au Minho.

C'est dans la journée du 4 que se développe le courant perturbé de N. Ce dernier est caractérisé par le déplacement de fronts froids progressant vers le S, avec un couloir de baisse barométrique de la Mer du Nord au golfe de Gênes. Cette fois

encore, le front froid qui traverse la Péninsule le 4 juillet, n'alimente un mauvais temps frais et pluvieux que dans les régions vascocantabriques. Plus particulièrement, dans le Pays Basque (cf. les pluies à Sondica fig.3.89b) les précipitations se produisent toute la journée et se poursuivant après le passage du front. En revanche, l'activité du front s'atténue fortement en Galice et s'estompe dans le Minho qui connaît un temps ensoleillé et beaucoup plus doux. Dans ces dernières régions l'affaissement et la déflexion de l'air froid dont l'épaisseur ne dépasse guère 1500 m, selon le radiosondage de La Corogne, entravent les mouvements ascendants et provoquent la dissipation du système nuageux frontal.

D'ailleurs à l'échelle continentale, l'air froid postérieur s'étale à la fois vers l'Atlantique et l'Europe centrale. Cette diffluence explique ainsi l'installation rapide d'une dorsale barométrique qui dans tout le domaine océanique atténue fortement l'activité du deuxième front, provoquant seulement des pluies éparses sur les régions vascocantabriques.

c) Le mauvais temps perturbé de N dans les régions basques, lié à une dépression sur le golfe de Gênes --18-19 juillet 1966.

Un flux perturbé de N peut-être également dirigé sur les régions septentrionales de l'Espagne par une dépression centrée sur le N du Bassin Occidental de la Méditerranée. Cette dépression sur le golfe de Gênes ou le SE de la France se creuse après l'irruption d'une coulée froide issue de la Scandinavie. Cette cyclogénèse favorise alors le détachement d'une colonne froide dont l'axe est incliné vers l'O et qui, au niveau 500 mb, pivote au-dessus de la France (fig.3.90). Sur le secteur occidental de cette colonne s'établit un flux de N qui se heurte à la barrière montagneuse Pyrénéo-cantabrique et qui renforce le mauvais temps dont le début est lié au passage du front froid.

Ainsi, le 17 juillet 1966, après l'allongement d'une vallée planétaire froide du N de la Scandinavie à la Méditerranée Occidentale, le front froid d'une dépression se déplaçant lentement des Pays Bas au Danemark balaie le SO de la France et la Péninsule Ibérique. C'est en fait un véritable courant perturbé de N qui s'établit sur ces régions, et dont les données synoptiques et les effets climatiques rappellent ceux du courant perturbé de N des Iles britanniques à la Méditerranée.

Mais alors que dans la soirée du 17 le front atteint le Sud de l'Espagne où il se disloque et dégénère, le mauvais temps se maintient sur le bordure N des Cantabriques. Bien sûr, nous connaissons l'action du relief et son rôle dans le prolongement du mauvais temps postfrontal lorsqu'un flux épais de N s'établit dans cette région. Cette fois, il y a plus, car le mauvais temps se renforce les jours suivants. Principalement sur les régions basques, un système nuageux épais (Sc et Cb) provoque des précipitations nettement plus intenses que celles qui se produisent pendant et immédiatement après le passage du front froid.

Le 18 et 19, il règne donc sur le Pays Basque un type de temps frais et plus humide qui n'est plus associé à l'action directe de ce front. En fait, celui-ci a marqué l'installation de l'expulsion froide à partir de laquelle se détache justement la colonne froide. Cette dernière en pivotant dans le sens direct (rotation cyclonique) au-dessus du SO de la France provoque l'advection d'un air froid instable qui est soumis dans le Pays Basque à de forts mouvements ascendants imposés par les facteurs topographiques : soulèvement le long des versants, convergence entre les Asturies orientales et les Pyrénées. Ces mouvements sont bien à l'origine des fortes averses enregistrées le 18 et 19 à S. Sébastien et à Sondica (aérodrome de Bilbao). Lorsque leur influence disparaît, le



mauvais temps s'atténue d'abord dans la région de Santander, puis dans les Asturies où Gijon connaît déjà un temps frais mais plus ensoleillé, le 19. Et finalement, le ciel reste clair dans la Galice, car l'air froid s'affaissant vers le SO amorce un mouvement anticyclonique qui renforce la dorsale barométrique sur la façade occidentale de la Péninsule Ibérique.

## 2°) Les perturbations de NE

Ces dépressions froides, isolées sur le SO de l'Europe et le Bassin Méditerranéen, peuvent être assez puissantes pour provoquer un puissant mouvement d'aspiration de l'air chaud stagnant à l'E sur le continent ou au-dessus de la Méditerranée. Des violents contrastes de masses d'air donnent naissance à des perturbations qui suivent le mouvement de pénétration de l'air chaud selon le sens inverse des aiguilles d'une montre. Les systèmes nuageux denses qui se développent en prenant une forme globulaire se déplacent ainsi du SE vers le NO et puis vers le SO. Ils arrivent ainsi aux environs du golfe de Gascogne après avoir suivi une trajectoire NE. Comme les corps nuageux sont généralement peu étendus la localisation de mauvais temps est fonction de la position exacte de l'extrémité de cette trajectoire de NE dans le N de la Péninsule Ibérique.

a) Perturbation de NE sur la Galice - Evolution de l'air polaire continental chaud. Temps froid et pluvieux.  
Ex. 28-30 juin 1953.

L'été 1953, caractérisé par un mois de juillet qui se situe parmi les plus frais et les plus humides de ces deux dernières décennies, débute justement fort mal en Galice. Les derniers jours du mois de juin connaissent un type de temps frais et pluvieux. Dans l'après-midi du 28 et dans la nuit

du 29, des pluies continues s'abattent principalement sur le Nord de la Galice et fournissent des totaux pluviométriques remarquables. En 24 h, du 28 13 h au 29, 13h, les stations de Fonsagrada, Lugo reçoivent plus de 60 mm. A La Corogne, sur 78 mm recueillis durant cette période, 50 mm tombent entre 18 h et 1 h. Ces précipitations intenses diminuent cependant vers le S, Vigo n'enregistre que 6 mm, et si les pluies sont à nouveau importantes, sur les hauteurs septentrionales du Minho (40 mm à Castro Laboreiro, à 932 m d'altitude), elles deviennent insignifiantes à Porto où elles atteignent à peine 1 mm. De même, il pleut faiblement sur les régions vascocantabriques (fig.3.91).

Cependant, partout les températures maximales sont faibles et l'atmosphère humide fraîchit sous un ciel couvert de stratocumulus et de cumulus bourgeonnants. Avec l'installation des vents d'E à NE les maximums dépassent à peine 17° à La Corogne, 19° à Vigo et à S. Sébastien. Seul, à Porto le thermomètre monte jusqu'à 21°, et encore ce maximum reste inférieur à la normale du mois de juin (22°6).

Ces états de l'atmosphère semblent être en rapport avec une dépression dynamique qui se déplace lentement de la Péninsule Ibérique au Golfe de Gascogne. Elle résulte d'un cutoff low réalisé à partir d'une coulée polaire issue du N de la Russie. Mais, la seule présence de cette vaste dépression stagnante qui coiffe tout le domaine océanique, ne saurait expliquer la variété de l'ambiance atmosphérique et surtout la forte variation géographique des pluies.

En réalité, de la coulée polaire continentale, une nouvelle cellule d'air froid (- 15°) se déplace au N de l'Allemagne, à l'entrée du golfe de Gascogne où elle vient réalimenter la dépression stagnante. Cette cellule donne certainement naissance à une perturbation qui résulte de l'affrontement entre l'air froid d'origine arctique et l'air continental sur-

chauffé. De plus, cet air continental s'humidifie au-dessus de l'océan comme le prouve les radiosondages du Point K où les couches inférieures de la troposphère sont saturées. Le refroidissement de cet air instable alimente d'épaisses formations nuageuses qui aboutissent justement sur le N de la Galice après avoir contourné par le NE la vaste dépression stagnante sur le golfe de Gascogne. Celle-ci, avec l'arrivée de la cellule froide semble se ranimer. Elle semble ainsi à nouveau provoquer l'aspiration de l'air très chaud et humidifié du Bassin Méditerranéen (air méditerranéen plus air tropical continental évolué). L'advection de cet air en direction de l'O entretient un front qui atteint le fond du Golfe de Gascogne où il provoque un temps chaud et orageux de SSE dans l'après-midi du 29 et la nuit du 30.

Ainsi la perturbation de NE n'affecte pas seulement la Galice. Néanmoins cette expulsion froide de NE qui réalimente la dépression dynamique ibérique, semble déclencher à son tour une perturbation orageuse de S.

b) Perturbation de NE sur le Golfe de Gascogne. Les précipitations froides diluviennes dans le Pays Basque et les Asturies orientales - 4 juillet 1952.

Les rythmes diurnes des éléments météorologiques pendant les 3 et 4 juillet 1962 soulignent l'établissement d'un temps frais et nuageux sur les régions septentrionales de la Péninsule Ibérique (fig 3.92). Du Pays Basque au N de la Galice, les températures maximales sont nettement inférieures aux normales : entre 15 et 18° pour la plupart des stations littorales. Par contre, le ciel s'éclaircit et le temps devient plus chaud dans les Rías Bajas et le Minho. Surtout, la différence régionale essentielle réside dans la distribution des précipitations. Alors qu'il ne pleut pas dans le N du Portugal et le S de la Galice, des pluies d'une exceptionnelle intensité s'abattent sur le Pays Basque et les Asturies Orientales.



Dès le 3 juillet, de fortes précipitations sont enregistrées dans les stations de la bordure septentrionale des Cantabriques : 83 mm à Gijon, 63 à Santander. Mais, c'est principalement le lendemain 4 juillet que les totaux pluviométriques journaliers atteignent des valeurs élevées ; bien sûr, ces valeurs exceptionnelles sont enregistrées sur les hauts massifs ; 121 mm à Articuza (600 m) sur les hauteurs basques, 102 mm à Sotres (1000 m) dans les Picos de Europa, mais également au pied des versants exposés au Nord, comme à Villacarriedo qui reçoit 133 mm et enfin le long du littoral 85 mm, à Santander et à S. Sébastien. Enfin, la concentration des averses est beaucoup plus élevée que ne le laisse prévoir ces données journalières ; à Santander les 85 mm d'eau sont en fait recueillies en 13 heures, et à S. Sébastien les pluies continues de l'après-midi du 3 et de la nuit du 4, apportent 114 mm en moins de 18 heures !

Or, la situation barométrique dans les basses couches de l'atmosphère est caractérisée par la présence d'un anticyclone maritime à alimentation froide dont la bordure SE s'étend progressivement sur le N de la Péninsule derrière un front froid (fig.3.92). A première vue, les pluies fortes du 3 semblent être liées au simple déplacement de ce dernier vers ESE, mais pas les pluies diluviennes du 4. Les précipitations redoublent d'intensité avec l'apparition sur le Bassin d'Aquitaine d'une ondulation du front qui se propage dans la nuit du 4 vers le golfe de Gascogne. Et le déplacement de cette ondulation s'accompagne d'un noyau de baisse barométrique. C'est donc bien une perturbation de NE qui balaie le bassin d'Aquitaine et le golfe de Gascogne, pour aboutir quelque peu dégénérée sur le N de la Galice où elle provoque des précipitations moyennes dans l'après-midi du 4.

Il n'est pas possible de comprendre cet enchaînement des faits si l'analyse de la circulation dans les couches moyennes de l'atmosphère n'est pas abordée. De fait, la carte

contour 500 mb fait ressortir une situation tout à fait différente de celle des couches inférieures. En altitude, est centrée sur le golfe de Gascogne, une vaste dépression froide qui s'est détachée d'une coulée polaire. Cette dépression crée donc les mêmes conditions de mauvais temps pluvieux que les gouttes froides dirigeant des courants perturbés de SO. De fait le 3, un corps nuageux dense glisse vers ENE le long du front froid. Mais ce corps nuageux s'épaissit, se renforce par l'advection de l'air chaud humide venu du bassin Méditerranéen et aspiré par la dépression. C'est certainement l'advection nouvelle de cet air chaud dans la colonne froide qui est à l'origine du déclenchement de la perturbation de NE dont le corps nuageux prolonge celui-ci de la perturbation de SO. Dès lors, le vaste corps nuageux (Ns Cb) qui pivote à partir du fond du golfe de Gascogne en direction de la Galice est responsable de ces fortes pluies qui gagnent rapidement tout le N de l'Espagne.

c) Perturbation de NE par le Bassin d'Aquitaine -  
L'amélioration rapide du temps des Asturies à la Galice -  
20-22 juillet 1966.

Cette fois, la perturbation de NE débouche sur le Bassin d'Aquitaine et le fond du golfe de Gascogne. Elle résulte d'un violent affrontement entre de l'air chaud (Pc w et Med) venu des Balkans et la goutte froide qui stagne sur la France depuis le 18 juillet<sup>(2)</sup>. En fait, dans le secteur oriental de cette colonne dépressionnaire isolée dont la base repose sur le golfe de Gênes, un "vortex" se développe à la suite d'un retour de l'air chaud probablement aspiré par cette dépression. Selon les documents photographiques du satellite ESSA 2 le 19 juillet, cette perturbation au-dessus de la France, est constituée d'un

(2) cf. supra p. 909 analyse du type de temps cyclonique N du 18-19 juillet 1966.

corps nuageux dense dont la forme fait penser à un crabe. Ainsi le 19 sur la France, une masse nuageuse globulaire épaisse de Ns se prolonge sur le Bassin Occidental de la Méditerranée par une bande de Sc, représentant la dernière phase d'évolution du front froid qui a balayé du N au S, dans le secteur occidental de la dépression du golfe de Gênes, la France et la Péninsule Ibérique.

Car, la perturbation de NE atteint seulement le golfe de Gascogne, dans la nuit du 20 juillet. A partir de ce 20 juillet, la partie la plus épaisse du corps nuageux recouvre le Bassin d'Aquitaine et le golfe de Gascogne provoquant des précipitations dans la soirée principalement. Mais, si les hauteurs d'eau recueillies par les stations du Bassin d'Aquitaine et des Pyrénées Occidentales (32 mm à Agen - 19 à Mont de Marsan) sont relativement élevées, les pluies enregistrées dans le Pays Basque espagnol sont assez médiocres (fig.3.93). Car déjà, la perturbation en voie d'occlusion amorce un changement de direction ; se heurtant à la barrière des Pyrénées attiré par les basses pressions de la Méditerranée le "vortex" se dirige vers le seuil du Lauragais et le golfe du Lyon. Or, au cours de ce mouvement tournant, le corps nuageux se scinde en deux parties. Sur la photo de satellite du 21 juillet on observe, d'une part une petite masse nuageuse en forme de spirale qui correspond au front occlus s'enroulant autour du "vortex" qui se déplace rapidement vers le golfe de Gênes, d'autre part une bande de Sns de la Mer du Nord à la Vendée, cette bande qui est encore alimentée par le refroidissement de l'air chaud de retour, représente la queue du système nuageux frontal qui se dirige vers le S.SO.

Cette dislocation de la perturbation est alors responsable de l'accalmie qui se produit dans la journée du 21 juillet au cours de laquelle, après dissipation du voile de Sc accroché au versant N de la chaîne Pyrénéo Cantabrique, le Pays Basque et les Asturies connaissent un temps plus doux



et nettement plus ensoleillé (fig. 3.23). Mais dès la nuit du 22, le mauvais temps de N NE, nébuleux et pluvieux règne à nouveau sur les régions basques principalement. Il est dû à l'arrivée du système nuageux frontal en voie de dégénérescence, responsable de précipitations moyennes qui diminuent rapidement vers l'O pour disparaître dans les Asturies Occidentales. C'est encore le Pays Basque qui est le plus arrosé et le plus froid. Bien sûr, il reçoit directement le système nuageux se dirigeant vers le S, mais encore l'instabilité de l'air chaud de retour refroidi sur la bordure de la "goutte froide", est accrue par le soulèvement en bloc et la convergence imposés par le relief.

En somme une situation qui contribue à différencier les régions océaniques et à renforcer la pluviosité estivale dans le Pays Basque.

### 3°) Les retours d'E associés à des dépressions traversant la Péninsule Ibérique.

Les courants perturbés d'O à travers la Péninsule Ibérique sont beaucoup moins fréquents en été puisque les extrémités des vallées froides en circulation zonale rapide se déplacent très rarement au S du parallèle 40, des Açores à la Méditerranée Occidentale. Cependant, quelques advections froides se déplaçant rapidement vers l'O entretiennent des perturbations qui traversent la Péninsule Ibérique, au S du domaine océanique. Celui-ci est alors placé dans le secteur N de la dépression et reçoit des vents d'E à NE responsables d'un temps frais. Mais les extrémités septentrionales des fronts sont peu actives. Toutefois, les précipitations peuvent être importantes quand le flux perturbé de NE interfère avec une expulsion froide d'une autre perturbation.

a) Type de temps cyclonique de NE frais et peu pluvieux  
1 et 2 juillet 1960.

Entre les Açores et la Péninsule Ibérique une "goutte froide" se détache d'une vallée planétaire qui se déplace rapidement vers l'E sur l'Europe septentrionale. La dépression ainsi isolée alimente dans les basses couches de l'atmosphère un courant perturbé d'O qui suit le 40° parallèle. Plus exactement au cours de ces premiers jours du mois de juillet, deux noyaux dépressionnaires dirigent des fronts froids sur la Péninsule.

Seule la première perturbation (A. fig3.94) traverse entièrement les régions océaniques. Mais l'extrémité septentrionale du front froid semble stagner sur le N de l'Espagne. En réalité, sous l'influence du flux d'E NE dans ce secteur N de la dépression, cette partie du front pivote lentement du NE vers le SO (radiosondage La Corogne du 2 juillet 1960) tandis que l'autre extrémité du front sur le bassin méditerranéen se dirige vers le N.

Malgré cette lente évolution du front au-dessus des régions vascocantabriques, malgré également, des conditions d'instabilité sélective que présente l'air polaire maritime évolué à l'arrière du front, les précipitations sont cependant médiocres (fig.3.94) Dans le Minho, en Galice et dans le Pays Basque, les totaux pluviométriques recueillis dans la journée du 1er et la nuit du 2 sont même insignifiantes. Il y règne un temps variable peu chaud, avec un ciel couvert de Sc et des températures qui restent inférieures aux normales du mois.

Pourtant la dépression froide qui continue à se creuser en altitude dans la journée du 2 juillet atteint le N de la Péninsule. En réalité, cette région est située au N du cutoff low où tend à se développer un mouvement de subsidence qui disloque les formations nuageuses frontales. Ainsi le

2 juillet, le temps s'éclaircit principalement sur le Galice et le Minho alors que de violentes averses orageuses éclatent sur la bordure SE de la goutte froide en Vieille Castille (18 mm à Burgos) et dans le Bassin de l'Ebre (24 mm à Logroño).

b) Retour de NE pluvieux - Interférence de courants perturbés - 14 juillet 1951.

L'évolution du temps peut être différent lorsque la vallée froide du courant d'O rapide continue à se creuser en se déplaçant sur la façade atlantique de l'Europe Occidentale. L'alimentation froide n'est plus coupée de sa source et les perturbations méridionales qui se créent à l'extrémité de la coulée sont plus actives. De plus, il peut se produire des interférences entre une telle perturbation d'O et le front froid d'une perturbation précédente évoluant sur le versant occidental de la vallée planétaire.

Ainsi le 13 juillet 1951 (fig.3.95) tandis qu'une coulée polaire s'étend vers le S une ondulation du front, séparant l'air Pm et de l'air Tm se dirige vers le Portugal en longeant le parallèle 40°. Cette perturbation est rejointe sur la façade atlantique de la Péninsule par le front froid d'une perturbation septentrionale qui provoque une expulsion d'air arctique. Dès lors le front chaud de la perturbation devient très actif et son corps nuageux provoque d'abondantes précipitations sur la Galice (fig.3.95) où soufflent des vents d'E-NE alimentés par de l'air arctique expulsé.

Pourtant, malgré l'origine de la masse d'air, les températures ne sont pas trop basses quoi qu'inférieures aux normales : La Corogne max. 19°, min. 15°. C'est que l'air arctique lors de son déplacement vers le S s'est réchauffé au contact de la surface de l'océan. Le radiosondage du point K le 14 à 2 h met bien en évidence dans les basses couches



de la troposphère, un air froid humide ( $\theta'w = 11^\circ$  à  $12^\circ$ ,  $\theta'ws = 13^\circ$ ) mais fortement réchauffé à la base, de sorte que le taux de décroissance de la température est supérieur aux taux de l'adiabatique sèche. Non seulement l'air froid est instable, mais encore il soulève : d'abord un air polaire maritime chaud presque saturé, à la limite de l'instabilité, puis de l'air tropical humide. Ainsi, toutes les conditions sont remplies pour que la Galice reçoive de fortes précipitations.

Toutefois, le temps frais pluvieux ne s'étend pas à tout le domaine océanique. Dans le Minho le front donne des précipitations importantes sur les hauteurs seulement. Ainsi, les stations à 900 m dans la Serra do Gerez (Leonte et Junceda) reçoivent plus de 20 mm alors que le pluviomètre à l'Institut de Porto n'enregistre que 8 mm, beaucoup moins que dans les stations littorales galiciennes. C'est que le S du Minho est plutôt traversé par le secteur chaud de la perturbation qui entretient un temps très nébuleux mais un peu plus chaud. L'arrivée du front froid provoque des averses, mais celles-ci ne durent guère, car l'affaissement de l'air arctique alimente rapidement ~~une dorsale barométrique qui marque la fin de ce type~~ de temps perturbé. Dans les régions vascocantabriques, l'arrivée de l'air arctique maritime dans le secteur N de la perturbation est responsable d'un temps très nuageux. Toutefois les Sc et les Cb ne fournissent que des précipitations relativement faibles. Non seulement le front chaud actif n'atteint pas ces régions, mais encore celles-ci sont placées en position d'abri, sous le versant oriental de la vallée planétaire où domine un flux de SO.

### CH A P I T R E     I I I

=====

#### LES TYPES DE TEMPS AU PRINTEMPS

=====

Il est tentant de traiter le printemps comme une saison de transition. Outre que les facteurs cosmiques provoquent une augmentation régulière et accélérée des températures mensuelles, l'enchaînement des états de l'atmosphère présente de plus fortes irrégularités qui résultent d'un prolongement des apparitions des types de temps les plus froids de l'hiver et d'une introduction de plus en plus fréquente des types de temps chaud d'été.

En réalité cette saison, en ce qui concerne les situations atmosphériques, offre des caractères spécifiques, surtout par rapport à l'hiver. Les nouvelles données des bilans énergétiques qui entraînent le renversement du gradient thermique océan-continent, l'affaiblissement de la circulation zonale sont, responsables, non seulement d'une variation sensible des fréquences des différentes situations synoptiques, mais encore d'une modification des faciès régionaux du temps, lié à chaque type de situation synoptique.

C'est la combinaison complexe de ces deux transformations qui fait éclater au cours du printemps, les variations climatiques régionales à l'intérieur du domaine océanique :

- le réchauffement nettement plus accéléré dans les régions basses du Minho et des Rías Bajas dont la forte supériorité thermique par rapport à la Galice septentrionale et aux régions vascocantabriques ne s'explique pas uniquement par la simple différence de latitude.
- le brutal contraste des rythmes pluviométriques : diminution des pluies à partir d'avril dans le Minho et la Galice, opposée à l'accroissement des pluies de printemps par rapport à celles de la fin de l'hiver, dans les Asturies orientales et le Pays Basque.

#### - I - LES TYPES DE TEMPS ANTICYCLONIQUES AU PRINTEMPS.

=====

C'est certainement au printemps que les faciès régionaux du temps, liés à un type donné d'anticyclone sont les plus variables. Très souvent, la comparaison des rythmes diurnes des éléments atmosphériques pour les différentes stations, dans le cadre d'une situation synoptique homogène, souligne de fortes oppositions régionales à l'intérieur du domaine océanique.

Bien sûr, ces contrastes dépendent comme pendant les saisons extrêmes de la structure dynamique et massique de l'anticyclone, mais à l'intérieur d'un même modèle, les différenciations régionales sont plus accusées. Toute classification des types de temps anticycloniques concernant l'ensemble du domaine océanique ne peut être entièrement satisfaisante. Elle peut cependant reposer sur les effets thermiques dominants des principaux types de situations anticycloniques (fig. 396).



Ia - LES TYPES DE TEMPS ANTICYCLONIQUES FRAIS : ANTICYCLONE A

-----  
ALIMENTATION FROIDE.  
-----

Les dorsales barométriques qui prolongent sur l'Europe occidentale le noyau subtropical des Açores, contribuent à ralentir l'installation de la belle saison, -particulièrement dans les régions septentrionales du domaine océanique (Galice et Minho)- L'enchaînement des états de l'atmosphère, les variations régionales du temps, sont liées aux trajectoires suivies par les expulsions froides et par suite sont fonction des formes présentées par les ondulations des grands courants d'O de la moyenne troposphère. Ainsi, les types de temps les plus frais, les plus contrastés régionalement, apparaissent avec les anticyclones peu épais, surmontés par les versants occidentaux des grandes vallées planétaires qui se stabilisent fréquemment au début du printemps sur l'Europe.

- A) TYPE DE TEMPS ANTICYCLONIQUES FRAIS AVEC LES ANTICYCLONES

-----  
MARITIMES ALIMENTES PAR LES EXPULSIONS FROIDES "EN CIRCULATION"  
-----

ZONALE.  
-----

Comme en hiver, l'affaîssement de l'air froid, après le passage d'un front froid qui est dirigé par une perturbation d'O ou de NO en circulation zonale rapide, provoque une hausse de pression, accompagnée d'un temps frais variable. Ce dernier, qui se rapproche du temps de traîne d'un système cyclonique, introduit de faibles variations régionales. Aussi, une augmentation limitée de la température apparaît-elle en allant de la Galice au Minho, alors que l'ambiance thermique est quasiment identique de la Galice au Pays Basque. Bien sûr, les

aspects du temps dépendent de l'évolution générale de la circulation atmosphérique à l'échelle continentale qui est à l'origine de l'advection de masses d'air froid d'origines différentes.

1°) Anticyclone maritime alimenté par de l'air polaire maritime froid - 25-26 avril 1958.

A l'échelle de l'Europe, la situation synoptique représente un exemple typique de dorsale barométrique accolée au noyau anticyclonique subtropical des Açores ; une nouvelle expulsion d'air maritime froid sur le flanc SO d'une perturbation d'O septentrionale entretient une cellule de hautes pressions sur l'Europe occidentale (fig 3-97a). Cette cellule est séparée de l'anticyclone des Açores, par une discontinuité frontale qui délimite l'expansion de l'air polaire maritime froid. Le temps évolue donc entre le passage du front froid qui marque l'arrivée de la nouvelle expulsion d'air froid et le début de l'installation de l'anticyclone maritime à alimentation chaude.

De fait dans ce cas, le front froid peut être considéré comme une discontinuité interne à la dorsale barométrique qui s'étale déjà sur la Péninsule Ibérique. En effet, celle-ci n'est pas affectée directement par la dépression d'O septentrionale ; le front froid se déplace dans la nuit du 25, de la Galice au Pays Basque, alors que ces régions sont déjà encadrées par les isobares 1020 et 1025 mb. Cependant, la nouvelle expulsion froide renforce ces pressions déjà élevées, aussitôt après le passage du front froid. Ce dernier est donc peu actif, puisqu'il sépare des masses d'air polaire en voie d'affaissement. Toutefois, dans une première phase, il est responsable d'un temps couvert et humide sur la bordure septentrionale atlantique, de la Galice au Pays Basque. Dans la nuit du 25, un voile de Sc est responsable de faibles pluies, véritable crachin, sur les régions littorales

et les plateaux peu élevés de la Galice et des Asturies (fig.397 a) L'intensité des précipitations augmente néanmoins : sur les massifs élevés des Cantabriques (8 mm à Sotres dans les Picos de Europa), par suite du soulèvement en bloc de l'air froid expulsé présentant des conditions d'instabilité sélective, et dans le Pays Basque où la convergence de l'air imposé par les conditions topographiques accentuent les mouvements ascendants. En revanche, en direction du S, en direction du Minho, l'étalement vers le SO de l'air froid, l'accroissement du tassement de cet air dévié sur la droite, par effet hydrodynamique d'obstacle de l'axe montagneux dans une atmosphère saturée entraîne la dégénérescence du front et l'éclaircissement du ciel. (1)

Cependant dans la journée du 25, avec la rapide augmentation de pression, cet éclaircissement gagne tout le domaine océanique. Même dans le fond du golfe de Gascogne, de belles éclaircies alternent avec de rares passages de cumulus. Toutefois dans la Galice septentrionale et les régions vascocantabriques, le temps reste frais avec des températures maximales inférieures aux normales, alors que le thermomètre enregistre des températures nettement plus élevées dans le Minho.

De plus, ~~cet épisode ensoleillé est de courte durée~~ dans les régions bordant le golfe de Gascogne. Pendant la journée du 26, l'extension vers l'E de la crête d'air chaud dans la moyenne troposphère renforce l'épaisseur de l'anticyclone. Mais, celui-ci reste alimenté dans les basses couches de l'air polaire maritime froid ; une nouvelle discontinuité frontale se propage alors rapidement sur les régions septentrionales de la Péninsule Ibérique et réintroduit les mêmes oppositions

---

(1) P. QUENEY. op. cit. p. 4



régionales apparues lors du passage du front froid. De la Galice septentrionale au fond du golfe de Gascogne, un voile de St et Sc fait régner un temps maussade, humide, avec l'apparition de précipitations éparses, de faible intensité.

Vers le S, dans le Minho, le temps garde par contre les caractères originaux de la veille ; à Porto le soleil brille toute la journée et les températures se maintiennent à un niveau supérieur aux normales. Toutefois, dans cette régions du N du Portugal, un temps véritablement printanier apparaîtra le lendemain seulement, avec l'installation dans les basses couches d'une cellule de l'air polaire maritime chaud<sup>(2)</sup>.

Cependant, cette dernière phase peut changer d'aspect, si la cellule subtropicale chaude ne succède pas à la dorsale barométrique. Dans ce cas, le passage d'une nouvelle discontinuité frontale peut marquer ou bien le début d'un nouvel enchaînement d'états de l'atmosphère associé à l'évolution d'un anticyclone froid, comme nous venons de le voir pour cette situation du 25 août, ou bien l'arrivée d'une perturbation plus méridionale. Alors, avec cette dernière situation, une phase de transition caractérisée par un temps brumeux peut se développer avant l'arrivée de cette discontinuité.

2°) Type de temps anticyclonique brumeux de transition - 17 mai 1966.

La photo de satellite du 17 mai 1966<sup>(3)</sup> au matin donne une description globale de cette situation intermédiaire. Bien sûr, le fait principal est l'existence d'une longue bande de nuages denses (As et Sc) qui, de forme arquée, s'étend du N des Iles Britanniques aux Açores et commence à aborder le NO de la Péninsule Ibérique. Or, les cartes synoptiques de ce

(2) cf. infra p. 939-940

(3) Montage des photos de satellite par l'"Institut de géophysique" de Berlin, météo. abh. (294 ).

jour indiquent bien l'existence, sur le N des Iles Britanniques, d'une perturbation d'O dont le secteur chaud est étroit et dont le front chaud se détache mal. Dès lors, la bande nuageuse visible sur la photo correspond à un vaste front froid, mais qui, aux abords de la Péninsule Ibérique, se déplace sur la bordure N d'une zone de hautes pressions. En fait, la structure de celle-ci est fort complexe. Plus particulièrement à l'E sur l'Europe occidentale, la France et la Péninsule Ibérique, le prolongement barométrique de l'anticyclone subtropical océanique est une dorsale alimentée par l'affaissement de l'air froid, dans le secteur N d'une colonne dépressionnaire évoluant au-dessus de la Méditerranée occidentale. Or, dans le cadre de cette situation, juste avant l'arrivée du corps nuageux, les régions atlantiques de l'Espagne et du Portugal septentrional sont recouvertes de brouillards et d'un voile de stratus bas. Cet étroit liseré nuageux qui épouse exactement la forme du littoral, est bien lié à l'arrivée par l'E de l'air froid expulsé car les brouillards apparaissent d'abord dans le fond du golfe de Gascogne. Mais, les phénomènes de condensation ont été probablement provoqués par la conjonction de deux causes.

En premier lieu, il est certain que le refroidissement nocturne des basses couches de l'atmosphère a pu être activé par le développement de l'accumulation d'air plus froid le long du littoral vascocantabrique, sous l'action des vents d'E, soufflant régulièrement. Ensuite, l'extension du stratus bas vers l'O et le S, sur la côte Portugaise, a été facilitée par l'arrivée de l'air polaire maritime chaud humide ( $\theta'w = 14^\circ$ ) dont le glissement lent au-dessus de l'air froid ancien ( $\theta' = 12^\circ$ ) a provoqué l'apparition d'une inversion de température dans les basses couches de l'atmosphère. Ainsi, cette structure massique qui ne se traduit pas par un front chaud actif, est favorable à la formation de brouillards ou stratus bas le long des littoraux où se développe un courant froid.

Enfin, ce type de temps brumeux frais annonce un type de temps perturbé pluvieux avec le renforcement de l'activité du front froid dont le passage s'accompagne sur le N de l'Espagne d'une baisse sensible de pression.

3°) Type de temps froid et instable avec anticyclone maritime alimenté par une expulsion arctique - Ex. 2 avril 1951.

Les conditions générales de la circulation atmosphérique sont les mêmes que dans les situations anticycloniques associées à des décharges polaires : passage du front froid d'une perturbation d'Ouest sur les Iles Britanniques suivi immédiatement d'une hausse de pression au niveau du sol, alors qu'en altitude se déplace vers l'E la partie occidentale d'une vallée froide. Mais, l'anticyclone maritime, centré entre les Açores et la Péninsule, est alimenté par de l'air instable d'origine arctique qui se réchauffe à la base au cours de son déplacement vers les régions plus méridionales.

Dans la nuit du 2 avril 1951, le NO de la Péninsule est traversé par un front froid qui sépare l'air polaire maritime chaud d'un anticyclone d'une masse d'air arctique maritime froid, dirigée par une dépression traversant les Iles Britanniques. Après le passage de ce front qui provoque de fortes averses sur la Galice septentrionale principalement (11 mm à La Corogne - 4 mm à Vigo - 1 mm à Porto et 2 mm à Santander), une cellule de hautes pressions supérieures à 1025 mb s'étale sur tout le N de la Péninsule Ibérique.

L'arrivée de l'air arctique est responsable d'un temps froid pour ce début de saison. Dans toutes les régions océaniques, les températures maximales sont très nettement inférieures aux normales, comme le montre l'analyse des variations thermiques journalières des différentes stations (fig.3-98a). Toutefois, le temps varie du N au S. Dans les régions les plus septentrionales, le ciel reste très couvert, par suite



de nombreux passages de nuages d'instabilité (Cu, Cb) qui entretiennent de fréquentes averses, particulièrement dans les régions vascocantabriques. Par contre dans le Minho, le ciel s'éclaircit fortement ; les nuages moins développés et beaucoup plus rares fournissent des pluies insignifiantes dans la matinée seulement. C'est le lendemain 3 avril, que le ciel se dégage dans la Galice septentrionale, alors qu'il reste fortement couvert sur la bordure N Cantabrique.

Les caractéristiques thermiques de l'air arctique expliquent d'abord ces variations régionales. De fait, dans cette masse d'air, les basses couches atmosphériques qui se sont échauffées vers le S au contact de régions de plus en plus chaudes présentent un taux vertical de décroissance de la température égal et même supérieur au taux de décroissance de l'adiabatique sèche (cf. radiosondages du point K). C'est donc une masse d'air très instable qui envahit la Péninsule Ibérique et se heurte à la barrière montagneuse Pyrénéo-Cantabrique. Aussi, rien d'étonnant à ce que le soulèvement en bloc de cet air provoque de puissants mouvements ascendants, responsables de la formation de nuages à développement vertical qui produisent de fortes pluies post-frontales, dans le cadre d'une dorsale barométrique.

Cependant, malgré un réchauffement à la base plus fort, l'instabilité de l'air arctique s'atténue car celui-ci continue à s'affaïsser vers le S et à être dévié vers le SO, c'est-à-dire sur sa droite par les Cantabriques orientales, les hauts massifs Galiciens et du Minho. Autant de facteurs qui accroissent le mouvement anticyclonique et par conséquent la subsidence. Celle-ci augmente d'ailleurs dans l'après-midi du 3, par l'advection dans la moyenne troposphère de la crête d'air chaud. Le dégagement généralisé du ciel dans la nuit du 4, entretient de basses températures minimales. Toutefois, ce ciel clair ne se maintient pas, car l'extension vers l'E de la cellule anticyclonique chaude s'annonce par la pénétration d'un front

chaud peu actif, qui apporte quelques brumes sur la Galice.

Ainsi, ce type d'alimentation arctique contribue à souligner l'opposition thermique NS au début du printemps. Celle-ci s'affirme avec les anticyclones maritimes froids en circulation méridienne.

#### - B) LES TYPES DE TEMPS ASSOCIES AUX ANTICYCLONES MARITIMES

-----  
PEU EPAIS EN CIRCULATION MERIDIENNE N - LES FORTES VARIA-  
-----  
TIONS REGIONALES.  
-----

Au printemps, les expulsions d'air arctique ou d'air polaire maritime froid qui alimentent des anticyclones océaniques allongés en latitude, sont le plus souvent associés aux versants occidentaux des vallées froides en grande amplitude. A nouveau, c'est donc un anticyclone peu épais qui s'étend sur l'Europe Occidentale et l'aspect du temps dans le N de la Péninsule Ibérique dépend de l'instabilité de la masse d'air froid qui s'écoule du N au S. Or, cette instabilité, forte dans les régions vascocantabriques et en Galice septentrionale, diminue vers le S par suite de l'affaissement et de la déviation de l'air froid. Dès lors, dans les Rías Bajas et le Minho, le temps devient nettement plus doux et plus ensoleillé. Aussi les ambiances atmosphériques, liées à ce type d'anticyclones maritimes peu épais, sont-elles cette fois plus fortement diversifiées, comme le prouvent les graphiques de distribution des températures (fig.396 ).

Il est vrai que les régions vascocantabriques sont situées à la limite de ces anticyclones thermiques et des courants perturbés de N ou des retours d'E à NE cycloniques, de sorte qu'il est souvent difficile de déterminer la limite entre ces deux types de situation.

Néanmoins, ce genre d'anticyclone introduit des variations brutales du N au S, en particulier de la Galice septentrionale aux Rías Bajas.

1°) Type de temps de hautes pressions, pluvieux et froid sur la bordure septentrionale et le N de la Galice. Amélioration du temps sur les Rías Bajas et le Minho - 11-13 mai 1962;

La situation synoptique résulte d'une accentuation de l'amplitude du courant zonal ; une vaste vallée froide se creuse de la Scandinavie aux Canaries, entretenant un puissant courant de Nord sur la façade atlantique de l'Europe. Aussi, des masses d'air froid maritime d'origine arctique alimentent-elles le secteur oriental peu épais de l'anticyclone atlantique qui s'étend du tropique du Cancer à l'Islande. Cet air froid est très instable, surtout dans les couches inférieures de l'atmosphère où le taux de croissance de la température selon l'altitude est voisin de celui de l'adiabatique sèche (cf. radiosondage La Corogne). Cependant, son advection entretient des états de l'atmosphère fort variables à l'intérieur même du domaine océanique. Or, les différences régionales ne s'ordonnent pas toujours en fonction des conditions aérologiques.

Bien sûr, les régions vadocantabriques situées à la limite de l'aire océanique de hautes pressions, connaissent un temps très couvert, pluvieux et froid (fig 3.98b). Ce dernier peut être rattaché à l'action d'un flux instable de N à N-NE, dirigé par le système cyclonique stabilisé sur le golfe de Gênes. En fait, aucune perturbation frontale ne semble atteindre les régions basques, aussi le mauvais temps orageux et nuageux sur les hauteurs est-il bien le résultat de l'irruption de l'air froid instable qui se heurte aux obstacles topographiques.



Mais vers l'O, la Galice est vraiment située dans l'anticyclone océanique peu épais. Or, dans la partie septentrionale de cette région, au N de la vallée de l'Ulla, le temps reste constamment humide et froid. Dans un ciel qui reste couvert, des vents de N à NE assez forts poussent des nuages d'instabilité (cumulus congestus et cumulonimbus) qui provoquent particulièrement dans la journée du 12, de fréquentes averses froides, Lespuissants mouvements ascendants, dans cette masse d'air convectivement instable, sur toute l'épaisseur de la troposphère, entretiennent des épisodes pluvieux et des manifestations orageuses.

De plus vers le S, le temps évolue rapidement vers le beau, alors que les conditions aérologiques sont quasiment identiques. Déjà, sur les plateaux centraux galiciens les pluies diminuent ; Santiago reçoit à peine 4 mm le 12. Dans les Rías Bajas et le Minho, l'irruption de l'air très froid d'origine arctique, s'accompagne de basses températures minimales, mais les précipitations s'atténuent fortement (Vigo) ou disparaissent (Porto). Ainsi dans le Minho où le ciel se dégage, les thermomètres enregistrent des températures nettement supérieures aux normales ; le temps y devient franchement doux et ensoleillé. Cette fois encore, l'affaissement de l'air froid au cours de son déplacement vers le S, la déviation vers la gauche, ne peuvent qu'accentuer le mouvement anticyclonique de l'air froid au-dessus de la bordure occidentale de la Péninsule Ibérique. Dès lors, la subsidence qui en résulte n'est guère favorable à la formation de nuages à développement vertical ; elle provoque dans la basse troposphère, l'amorce d'une inversion de température, à partir du 13 mai.

D'ailleurs elle se renforce à la limite de la vallée froide et de la bordure orientale de la crête chaude qui se déplace lentement vers l'E. Dès lors, le temps moins humide et plus ensoleillé gagne la Galice septentrionale, surtout lorsque

la circulation méridienne évolue vers un cutoff high.

2°) Type de temps anticyclonique frais et ensoleillé dans les régions septentrionales. Les conséquences d'une évolution vers un cutoff high 2-3 avril 1970;

Dès le 2 avril 1970, au sol, la situation synoptique à l'échelle continentale est définie par l'association d'une part, d'une aire de hautes pressions centrée sur l'Atlantique N et d'autre part, d'une dépression creusée entre l'Algarve et le Maroc. Cette situation résulte d'une évolution de la circulation méridienne vers le cutoff high ; la coulée froide polaire issue de la Scandinavie s'étale non seulement vers la Méditerranée, mais également en direction du SO de la Péninsule Ibérique où elle entretient cette colonne cyclonique froide au S de l'anticyclone en voie d'isolement.

Le domaine océanique est donc situé à la limite de trois éléments aérologiques : au S, la colonne dépressionnaire détachée, au NO, l'ondulation anticyclonique stabilisée sur l'Atlantique, et à l'E la vallée froide planétaire Scandinavie-Méditerranée. Ce sont là des facteurs dynamiques qui accentuent le tassement de la masse d'air froid par l'établissement de flux divergents, au-dessus des régions septentrionales de la Péninsule Ibérique. De fait, le golfe de Gascogne et les régions centrales de la Péninsule apparaissent, sur les photos de satellite, dégagées, avec un ciel sans nuage alors que les régions méridionales, Alemtejo, Algarve, Andalousie et Levant, sont cachées par un corps nuageux dense (Sc et Ns).

Comme pour la situation précédente, le Minho et les Rías Bajas connaissent un temps agréable doux (Pontevedra : max. 18-19°) et ensoleillé. Mais cette fois, ce dernier caractère s'étend à la Galice septentrionale, mis à part, le littoral à l'E du cap Ortegal, à La Corogne, les passages de Cu et

Ac diminuent faiblement l'insolation. Cependant, l'air reste frais (à la Corogne : max.  $11^{\circ}$  le 2 avril,  $13^{\circ}$  le 3) tandis que l'air refroidi par un rayonnement nocturne encore élevé, s'accumule dans les bassins intérieurs, comme celui de Lugo, où il gèle régulièrement. Le radiosondage de La Corogne (2 avril 1970, fig.398d) confirme la présence d'un air froid d'origine arctique ( $\theta'w = 2$  à  $3^{\circ}$  à 1000 mb) dont la température décroît rapidement avec l'altitude. Cependant malgré ces conditions thermiques, l'instabilité ne se développe pas ; les mouvements ascendants étant arrêtés par l'existence de l'inversion de température aux environs de 2000 m.

Par contre, les mouvements verticaux sont activés dans les régions vasco-cantabriques. Le soulèvement en bloc de l'air froid au-dessus des reliefs tend à faire disparaître l'inversion ; les nuages (Sc et Cb) se développent à la limite septentrionale de la Galice, à l'E du cap Ortegal, les Cantabriques et le Pays Basque. Là, des pluies de faible intensité sont enregistrées dans de nombreuses stations littorales.

Cette situation aérologique de limite entretient ainsi les oppositions régionales qui éclatent au début du printemps. Elle est peut-être, d'autre part, responsable de succession d'états de l'atmosphère très variables. Ainsi, une nouvelle advection d'air arctique dans la vallée planétaire crée , de la Scandinavie à la Méditerranée, un régime perturbé de N qui peut affecter les régions basques, comme le 4 avril 1970 où l'arrivée d'un front froid provoque de fortes pluies froides dans la région de S. Sébastien, des chutes de neige sur les massifs montagneux des Asturies orientales et des Pyrénées.

Mais que l'axe de l'ondulation anticyclonique se déplace quelque peu vers l'E, et le NO de la Péninsule Ibérique est alors sous l'effet adoucissant d'un anticyclone maritime bloqué.



Ib - LES ANTICYCLONES DYNAMIQUES OCEANIQUES DE NO. L'ECLATEMENT  
-----  
DU PRINTEMPS DANS LE MINHO. INERTIE THERMIQUE DES REGIONS  
-----  
BASQUES.  
-----

Effectivement, les oppositions régionales s'accroissent avec les anticyclones maritimes épais qui dirigent un flux de NO à N sur la Péninsule Ibérique. Ces anticyclones dynamiques, centrés sur le NE de l'Atlantique, étalent en direction de l'Europe Occidentale un air en voie de subsidence. Aussi quelle que soit son origine, l'air se réchauffe et apporte des conditions thermiques plus favorables. Mais, le beau temps plus doux, plus ensoleillé qui accompagne l'installation de ces types d'anticyclones, se localise principalement dans les Rías Bajas et le Minho. Bien sûr, en Galice avec ces anticyclones, les températures ont une probabilité beaucoup plus grande de dépasser les normales que lors des évolutions des anticyclones maritimes froids, peu épais (fig.396 ). La différence est surtout sensible, dans le Minho où la station de Porto peut enregistrer, déjà avec ces anticyclones maritimes dynamiques, des températures maximales atteignant des valeurs estivales supérieures à 25°. De sorte que, les variations thermiques régionales à l'intérieur du domaine océanique s'accroissent, car dans le Pays Basque les températures, associées à ce genre d'anticyclone, ont une probabilité plus élevée d'être inférieures aux normales.

- A) ANTICYCLONE MARITIME DYNAMIQUE EN CIRCULATION MERIDIENNE  
-----

N. Alimentation froide Pm et PmF.  
-----

L'originalité du printemps réside principalement dans la fréquence élevée des anticyclones maritimes durables, étirés

en latitude, en gros des Açores à l'Islande. Nous savons en effet, qu'ils sont associés à d'amples ondulations anticycloniques du courant zonal qui se stabilisent entre les méridiens 10° et 30°. Dès lors, sur la bordure orientale de ces cellules s'établit un flux continu de N qui provoque en Europe occidentale l'arrivée de masses d'air polaire d'origine froide.

Toutefois, les mouvements de subsidence permettent à ces masses d'air de se réchauffer et d'entretenir des températures supérieures aux normales principalement dans les régions occidentales du domaine océanique.

De sorte que, ces situations de blocking sur l'Atlantique N expliquent bien un début de printemps peu pluvieux dans tout le domaine océanique, mais elles contribuent également à séparer les régions basques des régions occidentales, plus ensoleillées et plus rapidement réchauffées. Ainsi le mois d'avril 1960, caractérisé par l'apparition d'une telle situation est un mois peu pluvieux du Minho au Pays Basque ; par rapport aux normales, ce mois enregistre une diminution de 40 % à Porto, 36 % à La Corogne et de 33 % à S. Sébastien. Mais cette faiblesse pluviométrique ne s'accompagne pas partout d'un réchauffement et d'un accroissement d'insolation sensibles. Alors que dans le Minho et la Galice, la température moyenne mensuelle du mois est supérieure à la normale de un à deux degrés, cette même moyenne est à peine égale à la normale dans le Pays basque<sup>(1)</sup>, de même la durée de l'insolation augmente par rapport à la valeur normale, de 38 h à Porto, de 35 à 36 h à La Corogne et Santander, mais de 20 h seulement à S. Sébastien-Igueldo.

Bien sûr, durant la deuxième quinzaine d'avril 1960, le Pays Basque, à la limite de l'anticyclone maritime bloqué, est parfois affecté par les vagues successives des masses d'air polaire et arctique qui sur le versant occidental de la vallée

---

(1) cf. carte des isanomales de température du Boletín mensual climatológico d'avril 1960, p. 14.

dirigent des perturbations de N et de NE. Mais même, lorsque l'expansion vers l'E de l'anticyclone maritime place le Pays Basque sous l'action de l'air subsident, cette région continue à connaître un temps frais.

Ex. de l'action de l'anticyclone maritime bloqué du  
22-24 avril 1960.

Par suite de l'évolution de la circulation méridienne, vers un cutoff high dans cette deuxième quinzaine d'avril 1960, la situation synoptique à l'échelle continentale est de même type que celle du début d'avril 1970 ; anticyclone sur l'Atlantique N presque isolé, systèmes dépressionnaires sur les régions méridionales de la Péninsule Ibérique. Cependant, du 22 au 25 avril 1960, l'anticyclone océanique épais qui se prolonge dans la moyenne et haute troposphère, s'étale bien au-delà du golfe de Gascogne (fig 397d). Les régions septentrionales de la Péninsule Ibérique reçoivent donc des vents de NE qui accompagnent l'advection d'air polaire maritime à l'origine froide ( $\theta'w$  de 8 à 10° à 900 mb, entre le 22 et 25 avril aussi bien à La Corogne qu'à Bordeaux).

Mais à l'intérieur de l'anticyclone, les caractères thermiques de cette masse d'air évoluent en fonction de la subsidence dont le développement est confirmé par l'analyse des radiosondages. Les diagrammes masses d'air établis à partir des données de La Corogne montrent qu'entre la courbe de  $\theta_{ws}$  et celle de  $\theta'w$ , l'écartement croît vers le haut et qu'il augmente, pour un même niveau de la troposphère moyenne, du 22 au 23 avril. Pour Bordeaux, et pour les mêmes jours, les courbes d'analyse sont un peu plus rapprochées et indiquent bien une croissance moins accusée de la subsidence au-dessus du fond du golfe de Gascogne qui est plus éloigné du centre de l'anticyclone (fig. 399 c).

De ces conditions dynamiques résultent les variations régionales du temps.



A l'O en Galice avec une atmosphère stable où dominent les mouvements descendants, le temps reste ensoleillé et doux faisant de ces journées de belles journées printanières. A la Corogne, après la dissipation de brumes matinales et des voiles de stratus, liés à l'apparition d'inversions de température dues au refroidissement de basses couches par rayonnements nocturnes, le soleil brille sans arrêt, et les températures maximales qui dépassent largement les normales augmentent régulièrement pour passer de  $16^{\circ}$  le 22 à  $19^{\circ}$  le 25. Vers le S, dans les Rías Bajas et le Minho le temps est encore plus ensoleillé et plus chaud les deux premiers jours ; les 22 et 23, à Vigo, à Porto, le soleil brille toute la journée et les températures les plus élevées oscillent entre  $23$  et  $24^{\circ}$  ! Mais, ce fort échauffement ne se prolonge pas jusqu'au 25, contrairement à ce qui se passe à La Corogne et malgré le maintien des conditions synoptiques. Car, l'élévation des températures entraîne à son tour une plus forte évaporation le long du littoral, un renforcement de la brise de NO au cours de la journée et par conséquent l'apparition d'un courant de surface à composante NS qui permet l'accumulation d'eau plus froide en bordure de la côte. Or, ce sont là autant de facteurs qui facilitent l'apparition de brouillards persistants et la pénétration vers l'intérieur d'un air maritime un peu moins chaud qui ramène les maximums thermiques à  $19^{\circ}$  les 25 et 26.

Vers l'E, en direction du Pays Basque, le temps est en revanche constamment plus frais et de plus en plus nuageux. Dans les Asturies et la région de Santander, le ciel est encore clair, mais les températures maximales sont de un à deux degrés inférieures à celles de La Corogne. Bien plus, dans le Pays Basque, le ciel reste longtemps couvert d'une couche Sc, comme le 22, ou est parcouru dans l'après-midi par des Cu bourgeonnants qui soulignent une plus grande instabilité de l'air. Dès lors, le printemps s'installe difficilement dans cette région où les températures sont cette fois nettement inférieures aux normales ( $13-14^{\circ}$  à S. Sébastien).

Ainsi d'un côté, dans le fond du golfe de Gascogne, un temps plus proche de l'hiver finissant, de l'autre dans la Galice et le Minho, un temps nettement printanier, plus agréable même que certains états de l'atmosphère associés à l'extension de l'anticyclone maritime à alimentation chaude de type Açores.

- B) LES ANTICYCLONES MARITIMES DE NO A ALIMENTATION CHAUDE  
-----  
EN CIRCULATION ZONALE.  
-----

En circulation zonale, rapide, les cellules anticycloniques chaudes succèdent aux dorsales barométriques froides. Elles sont beaucoup plus mobiles et se dirigent rapidement de l'Atlantique vers l'Europe. Or comme pendant l'été, le temps est lié à la situation du centre de l'anticyclone par rapport aux régions océaniques. Car, l'évolution et les caractères de la masse d'air maritime chaud dépendent en effet de cette position relative. Ainsi, lorsque les régions océaniques sont placées sur le bordure N ou E de l'anticyclone chaud dynamique, elles reçoivent directement de l'air chaud maritime peu subsident et moins réchauffé au contact d'un Océan qui commence à être beaucoup plus froid que le continent. Dès lors, en Galice, dans les régions vacocantabriques, les températures ne sont guère plus élevées avec ces anticyclones que celles liées aux anticyclones maritimes froids dynamiques bloqués sur l'Atlantique.

Les variations géographiques du temps dues à un anticyclone maritime de ONO à alimentation chaude. Ex. le 27-28 avril 1958.

Ce type de temps débute par un passage nuageux associé à un front chaud qui marque toujours le passage de l'anticyclone froid<sup>(2)</sup> à l'anticyclone à alimentation chaude (fig.100 a).

-----  
(2) cf. supra p. 924      type de temps maritime frais du 25-26 avril

Mais, cette discontinuité peu active est seulement responsable de pluies éparses, de précipitations de faible intensité de type crachin uniquement dans les régions septentrionales qui continuent à connaître un temps nuageux après l'installation de la cellule chaude.

Dans les régions septentrionales du domaine océanique, de la Galice N au Pays Basque, le ciel en effet se dégage difficilement après la traversée du front chaud. Une couche de St et Sc se maintient sur ces régions pendant l'installation du secteur N de la cellule chaude anticyclonique. En réalité, si l'air froid est progressivement refoulé, la structure massive de cet anticyclone dynamique des Açores est complexe. Le 27 avril et même le 28 avril, alors que la Galice est plus proche du noyau central, les courbes de variations selon l'altitude des différentes températures ( $\theta$ ,  $\theta'w$  et  $\theta'ws$ ) au-dessus de la Corogne (fig.399 b) se présentent sous forme de ligne brisée et suggèrent ainsi l'existence d'une structure "feuilletée" qui caractérise une alimentation de la cellule anticyclonique subtropicale par entassement des masses d'air polaire expulsées<sup>(3)</sup>.

Ces discontinuités internes expliquent la conservation de cette couverture nuageuse au-dessus des Rías Atlas et des régions intérieures de la Galice septentrionale. Là, il règne un temps doux, marqué par une augmentation des températures maximales par rapport aux jours précédents (fig.399 a). Mais, c'est également un temps maussade avec un ciel gris qui ne se dégage que partiellement le 28 avril. Bien plus, ce jour-là, le temps reste frais dans les régions vascocantabriques où les températures ne varient guère par rapport aux jours précédents, soumis à l'action d'une cellule anticyclonique à alimentation froide. Et pourtant, selon la carte synoptique (BQE 28 avril), l'anticyclone maritime chaud semble être définitivement installé dans ces régions. En réalité dans le

---

(3 ) cf. Supra p. 763.



secteur oriental de cette cellule, l'air chaud subsident ne semble pas avoir complètement repoussé l'air froid antérieur qui subsiste dans les couches inférieures de l'atmosphère, comme semble l'évoquer les données fournies par le radieson-  
dage de Bordeaux.

Dans les régions plus méridionales du domaine océanique (Rías Bajas, bassins intérieurs de la Galice et Minho) règne un temps ensoleillé et chaud. Au cours de belles journées printanières, le soleil brille toute la journée et les maximums thermiques atteignent déjà des valeurs estivales : 26 à 27°C, le 28 à Vigo et Porto. Ainsi, pour les régions plus méridionales ce type d'anticyclone apparaît bien comme un exemple d'anticyclone des Açores responsable d'un beau temps dégagé. C'est que déjà, ces régions commencent à être placées dans le secteur SE de l'anticyclone où l'étalement de l'air maritime chaud vers le SO coïncide avec l'approche de l'axe de l'ondulation anticyclonique du courant d'O. Cette convergence de facteurs ne peut qu'accentuer vers le S la subsidence et l'échauffement de l'air dans les basses couches.

Cette évolution se propage d'ailleurs à tout le domaine océanique lorsque l'axe de l'ondulation anticyclonique du courant d'O passe par le golfe de Gascogne et la France. Alors, tout le N de la Péninsule Ibérique, placé dans le secteur méridional de l'anticyclone, est soumis à un flux divergent et chaud E-SE dont la nature massique est fort variable.

Ic - LES TYPES DE TEMPS ANTICYCLONIQUES CHAUDS, ETENDUS A TOUTES  
-----  
LES REGIONS OCEANIQUES.  
-----

Les oppositions régionales tendent à s'atténuer lorsque les secteurs méridional et occidental de l'anticyclone affectent la Péninsule Ibérique. Des flux à composante E et S entraînent des advections d'air chaud qui alimentent les bordures S et SO des anticyclones qui sont cette fois centrés sur le continent européen. En réalité, ce ne sont pas, pour les régions océaniques des anticyclones purement continentaux. De l'air polaire continentalisé, en voie d'échauffement, peut envahir le N de l'Espagne et maintenir un temps assez tiède dans la journée, mais le plus souvent l'établissement sur la façade atlantique de l'Europe du versant occidental de l'ondulation anticyclonique du courant d'O est responsable de l'arrivée d'air d'origine plus méridional, à caractère tropical. Avec cette advection apparaît alors un type de temps très chaud qui se développe toujours en premier lieu dans le Minho, puis dans la Galice septentrionale et enfin se transmet aux régions vascocantabriques. Il y a donc toujours un décalage dans l'évolution du beau-temps-chaud anticyclonique, entre les régions occidentales et les régions situées plus à l'E du domaine océanique.

Cependant, cette évolution présente encore des aspects nuancés en fonction des conditions de la circulation atmosphérique générale sur le SO de l'Europe.

- A) TYPE DE TEMPS ANTICYCLONIQUE CHAUD E-NE AVEC ANTICYCLONE  
-----  
MARITIME.  
-----

Ce type de temps succède au temps doux et souvent nuageux correspondant aux anticyclones maritimes chauds situés au NO de la Péninsule Ibérique. Une telle succession de types de temps anticycloniques résulte d'abord du déplacement rapide vers l'Europe de l'ondulation anticyclonique du courant d'O, lorsque celle-ci atteint le golfe de Gascogne, puis l'Europe occidentale. L'anticyclone maritime s'installe, soit sur le golfe de Gascogne, soit sur les Iles Britanniques. Son secteur méridional qui affecte la Péninsule Ibérique est alimenté directement par de l'air chaud d'origine tropicale, soumis à une forte subsidence au voisinage de l'axe de la crête chaude. C'est pourquoi, le coup de chaleur qui accompagne cette situation synoptique, se propage rapidement de la Galice au Pays Basque.

1°) Anticyclone maritime mobile chaud traversant le Golfe de Gascogne en circulation zonale - Ex du 22-24 Mai 1970.

Au cours de ces trois jours, un anticyclone maritime se déplace de l'Atlantique orientale à l'Allemagne. Son mouvement rapide au-dessus du golfe de Gascogne est associé à celui d'une ondulation anticyclonique de courant d'O dans la moyenne troposphère. Aussi, cette évolution entraîne-t-elle, en ce milieu de printemps, une vague de chaleur qui gagne de proche en proche les régions océaniques, tout en augmentant d'intensité vers l'E.(fig. 101a).



a) L'évolution du temps.

Ce fait apparaît nettement sur les graphiques des variations diurnes des éléments atmosphériques qui permettent une analyse comparée des rythmes des états de l'atmosphère entre les principales stations de domaine atmosphérique. Ainsi, dès le 22 mai 1970, dans l'aire de hautes pressions centrée sur le NO du golfe de Gascogne, la cellule chaude commence à remplacer l'air froid affaïssé à l'arrière d'une perturbation. En fait, l'air chaud n'atteint les basses couches de l'atmosphère que dans le Minho et les Rías Bajas où dès le 22, le temps est chaud et plus nuageux. Sur la bordure N du domaine océanique, l'air chaud n'a pas encore entièrement chassé l'air froid dont la présence dans les niveaux inférieurs est attestée par le radiosondage de la Corogne. C'est seulement le lendemain 23, que la montée du thermomètre se produit également dans la Galice septentrionale où se maintient une faible inversion de température. Cette dernière est due cette fois, au refroidissement des basses couches au contact de la surface relativement froide de l'Océan et permet ainsi le développement de nappes de stratus bas au NO du cap Ortegal. Mais, les régions vasco-cantabriques continuent à connaître un temps plus doux, plus nuageux alors que l'axe de l'ondulation anticyclonique est sur le golfe de Gascogne. Peut-être que l'air froid protégé par l'axe montagneux se maintient plus longtemps comme nous l'avons déjà vu en hiver ? peut-être, le réchauffement lié à la subsidence, se propage-t-il difficilement vers le bas alors que le long du littoral asturien doit s'étendre, sous l'action des vents E NE et du courant qui en résulte, une accumulation d'eau froide ? Toujours est-il que le temps plus chaud apparaît avec un jour de retard dans ces régions. Le 24 cette fois, les températures maximales atteignent ou dépassent les normales de l'été : 22° à Gijón, 24° à Santander. Or, ce jour-là, non seulement la chaleur atteint le Pays Basque, mais en plus elle s'amplifie et prend les proportions d'une canicule ; les deux

principales stations Sondica (aérodrome Bilbao) et Igueldo enregistrent des températures maximales de l'ordre de 31° !

b) Les origines de cette extension de la chaleur.

Bien sûr, le beau temps chaud débute avec l'arrivée de l'axe de l'ondulation anticyclonique du courant d'O où la subsidence atteint des valeurs maximales. Mais, nous savons aussi que le passage de la bordure occidentale de cette ondulation marque l'établissement d'un flux de S à SO qui entraîne l'advection de cellules d'air de plus en plus chaud dont l'origine est de plus en plus méridionale<sup>(1)</sup>.

Ainsi, nous pouvons suivre sur les photos de satellites (Essa 8 et Itos I) les 23 et 24 mai, l'évolution du système anticyclonique chaud.

De fait sur la première photo, une vaste zone claire englobe tout le SO de l'Europe et l'Afrique, elle est limitée vers le NO par le système nuageux d'une perturbation atteignant l'Islande, vers l'O par une bande nuageuse dense au-dessus des Açores représentant la partie méridionale du front froid mais qui, ici, sépare l'anticyclone chaud d'une nouvelle dorsale barométrique. En avant de ce système nuageux frontal, au-dessus des Iles Madère, des bandes arquées parallèles d'As et Ac indiquent certainement la limite occidentale de la cellule d'air chaud tropical. Or le lendemain, ces bandes nuageuses recouvrent la façade atlantique de la Péninsule Ibérique et le centre du golfe de Gascogne suggérant que la cellule chaude a suivi une trajectoire courbe SO-NE. En réalité, c'est bien un air plus chaud, venu probablement de la limite O du Sahara, qui se déplace dans le secteur occidental de l'anticyclone, qui envahit la Péninsule Ibérique, qui débouche ensuite sur le Pays Basque et les Pyrénées. De fait au-dessous de 1500 m, un air plus chaud et plus sec par rapport à celui de la veille est

-----

(1) cf. Supra, p. 449 et Fig. 244 d

présent au-dessus de Madrid<sup>(2)</sup> ; un air tropical continentalisé s'étale donc sur la Meseta, avant de s'affaïsser dans le fond du golfe de Gascogne, Là, il chasse l'air moins chaud inférieur et produit une véritable vague de chaleur étouffante, pénible à supporter, mais de courte durée. A la tombée de la nuit, la température s'effondre avec l'arrivée des formations nuageuses (St et Sc) annonciatrices du front froid qui atteint déjà la Galice.

Ainsi c'est avec la dernière phase de l'évolution de l'anticyclone mobile que le beau temps chaud éclate dans le Pays Basque, où les conditions topographiques permettent à l'air chaud subsident et expansif, de franchir brutalement la barrière Pyrénéo-Cantabrique. Cet effet thermique n'est donc pas un effet de foehn bien que la température de l'air tend à nouveau à augmenter au cours de son mouvement descendant.

Nous retrouvons la même succession d'états de l'atmosphère avec un anticyclone qui tend à se stabiliser sur la Mer du N et les Iles Britanniques, à la suite d'une évolution vers une circulation méridienne en Europe Occidentale.

2°) Anticyclone maritime chaud se stabilisant sur les Iles Britanniques du 29 avril au 2 mai 1958. Les forts contrastes régionaux.

Cette nouvelle série des états de l'atmosphère fait suite au temps doux anticyclonique de NO du 27-28 avril 1958. Ce nouveau type de temps s'installe lorsque le centre de l'anticyclone maritime atteint les Iles Britanniques, à la suite du déplacement et de l'extension d'une crête chaude sur l'Europe Occidentale. Toutes les régions du domaine océanique sont

---

(2) Les radiosondages qui précisent toujours des humidités basses indiquent au niveau 850 mb, une température de 16° le 23 et de 19° le 24.



placées dans le secteur méridional de l'anticyclone et reçoivent des vents à composante E. Toutefois, la structure massive de cet anticyclone est variable dans l'espace et dans le temps.

a) La structure de l'anticyclone et son évolution

Au début de la mise en place de cette situation synoptique, de l'air chaud subsident envahit les régions occidentales : Galice et Minho. De fait, par rapport aux jours précédents, le radiosondage de La Corogne du 30 avril (fig 399 b) souligne la disparition de l'inversion de température par l'arrivée dans les basses couches d'un air chaud et sec ( $\theta'w = 14^\circ$ ,  $\theta'ws = 22^\circ$  à 850 mb). Il représente l'évolution de l'air chaud maritime (Pmw puis Tm), soumis à un fort tassement dynamique dans la zone axiale et le versant O de l'ondulation anticyclonique. En revanche, si la subsidence est encore très forte dans le fond du Golfe de Gascogne, c'est un air d'origine plus froide qui envahit le Bassin d'Aquitaine et le Pays Basque, encore sous l'influence du versant oriental de l'ondulation anticyclonique. En effet, le radiosondage du 30 avril à Bordeaux montre la présence d'un air polaire ancien, venu du NE et en voie de réchauffement et d'assèchement (à 850 mb  $\theta'w = 8^\circ$ ,  $\theta'ws = 17^\circ$ ). Mais le lendemain 1er mai, alors que l'ondulation anticyclonique s'est déplacée vers l'E, un flux d'O-SO plus chaud envahit le fond du golfe de Gascogne. A Bordeaux, la masse d'air présente au niveau 850 mb les caractéristiques suivantes:  $\theta w = 14^\circ$ ,  $\theta'ws = 19^\circ$ , elle représente donc bien la déviation vers l'E de l'air maritime chaud d'origine plus méridionale qui les jours précédents, avait déjà envahi le Minho puis la Galice.

Dès lors en fonction de cette évolution dynamique, nous retrouvons les mêmes successions d'états de l'atmosphère analysés dans le type précédent.

b) Les variations régionales et le retard du beau temps chaud dans le Pays Basque.

Dès les deux premiers jours, le 29 et 30 avril, le temps est chaud et ensoleillé dans les régions occidentales du domaine océanique. Toutefois, le retour par l'E et NE de l'air chaud subsident dans les basses couches de la troposphère entretient et accentue les variations thermiques du S vers le N. Dès le 29, la température maximale à Porto atteint près de 30° alors qu'elle ne dépasse pas 23° à La Corogne, et le 30 avec une température supérieure à 31°, Vigo enregistre le record du maximum absolu pour la période 1931-1965 ! Aussi la brise de mer ONO qui se développe sur le bordure littorale des Rías Bajas et du Minho, ne pénètre guère profondément dans l'intérieur des terres et ralentit à peine la montée du thermomètre des stations les plus proches de la côte. Cet air maritime très chaud de retour commence à entrer en conflit avec une expulsion d'air plus frais dans la moyenne troposphère à la base de l'ondulation anticyclonique, favorisant ainsi le déplacement vers le N du système cyclonique des Canaries et une évolution vers un temps orageux de courte durée dans le Minho.

Pendant ce temps, le temps reste frais dans les régions vasco-cantabriques. Comme avec l'anticyclone maritime de NO, les températures maximales ne dépassent pas les normales à Santander et à San Sébastien, encore sous l'influence de l'air polaire ancien qui n'est toujours pas chassé par la cellule d'air plus chaud. Or, comme nous l'avons vu pour le 24 mai 1970, celle-ci débouche brutalement de l'intérieur de l'Espagne sur le Pays Basque, tandis qu'elle tend à glisser au-dessus de l'air plus frais stagnant au pied de la chaîne des Cantabriques et entretenu par le courant froid. Car ni Gijón, ni Santander n'enregistrent une forte poussée de la température comme à Saint Sébastien.

Ainsi, cette installation de l'anticyclone maritime sur le NO de l'Europe représente bien un déplacement vers le N de l'anticyclone des Açores qui, dès le début du printemps, est bien à l'origine de belles journées chaudes et ensoleillées. Toutefois, les variations de l'alimentation massique de l'anticyclone, et surtout l'action des facteurs géographiques régionaux contribuent à nuancer l'intensité et le déroulement du beau temps selon des rapports quasiment constants.

Les oppositions régionales d'ailleurs s'accroissent à nouveau, lorsque cette évolution vers la circulation méridienne aboutit au blocage prolongé de l'ondulation anticyclonique sur le fuseau méridien ibérique.

#### - B) TYPE DE TEMPS CHAUD AVEC ANTICYCLONES CONTINENTAUX BLOQUES

-----

Nous savons que la stabilisation des ondulations à grande amplitude des courants d'O se produit au printemps plus fréquemment sur l'Atlantique que sur la façade océanique de l'Europe. Cependant, lorsque le "blocking" se produit sur le fuseau méridien de la Péninsule Ibérique, celle-ci est envahie par une puissante advection d'air tropical maritime, parfois continentalisé. Mais, cette invasion n'affecte pas toujours tout le domaine océanique. L'air chaud étouffant peut ne pas atteindre le fond du golfe de Gascogne, lorsque cette région reste sous le versant oriental de l'ondulation anticyclonique du courant d'O qui s'est stabilisée sur la bordure occidentale de la Péninsule Ibérique.

#### 1°) Dorsale anticyclonique Atlantique-Europe. Alimentation tropicale maritime 15-17 mai 1964.

La vaste zone de hautes pressions qui s'étend au milieu de mai 1964, des Bermudes à l'Europe Centrale, a une structure très complexe, définie par une juxtaposition de cellules anticy-



cloniques différentes. Ainsi, la Péninsule Ibérique est située sur la marge SO de la cellule la plus continentale. Le 15 mai, cette marge est en fait dominée par l'axe de l'ondulation anticyclonique du courant d'O dans la moyenne troposphère. Il en résulte que dans ces couches moyennes atmosphériques, l'écoulement de l'air varie à l'intérieur de la zone anticyclonique. Ainsi au-dessus du Minho et de la Galice, un puissant courant chaud de SO s'établit sur le versant occidental de l'ondulation, tandis que les régions vascocantabriques sont placées sous l'action du versant oriental où domine un écoulement N.S. d'un air plus froid, de sorte que la bordure méridionale de l'anticyclone européen est alimentée par deux masses d'air différentes : au centre et au S, une masse d'air polaire en voie de continentalisation, à l'ouest de l'air tropical maritime. Le front qui les sépare est inactif, car il est soumis à une forte subsidence dans la zone axiale de la crête chaude. Cependant, lentement l'air polaire continentalisé est refoulé vers l'E, avec le déplacement lent vers l'Europe de l'ondulation anticyclonique. Ainsi cette fois encore, le temps très chaud anticyclonique se produit-il avec un certain retard dans le fond du golfe de Gascogne.

De fait, la chaleur torride éclate brutalement dans le Minho et les Rías Bajas, dès le 15, lors de l'arrivée de l'air tropical maritime. Celui-ci n'atteint pas encore les très basses couches de l'atmosphère dans la Galice plus septentrionale où se maintient encore une pellicule d'air polaire. Mais, l'inversion de température qui est mise en évidence par le radiosondage de la Corogne, indique l'advection dans la basse et moyenne troposphère de l'air tropical maritime ( $\theta'_w = 17^\circ$ ,  $\theta'_{ws} = 23^\circ$  à 850 mb). C'est en effet le lendemain 16 que le temps très chaud se propage à toute la Galice, comme le montre l'accroissement brutal de la température maximale. Ce temps très chaud est également très nuageux : puisque dans l'après-midi le ciel se couvre de Cu, Cb. C'est que les basses couches

de cette masse d'air s'échauffent plus fortement dans l'après-midi et que la température maximale atteinte est de l'ordre de grandeur de la température de convection. L'instabilité tend donc à augmenter et les mouvements ascendants qui se développent, aboutissant à la formation de nuages à développement vertical dans une masse d'air qui contient une quantité relativement forte de vapeur d'eau ( $r = 5$  à  $6$  g).

Mais pendant ces deux premiers jours, les Asturies et le Pays Basque restent sous l'influence de l'air polaire en voie de continentalisation. Sous un ciel en partie couvert d'Ac, des vents d'E apportent un souffle de plus en plus chaud (fig. 101 b). Cependant, si avec l'advection de cette masse d'air les températures dépassent largement les normales, par contre elles ne sont pas exceptionnellement élevées. Celles-ci sont enregistrées, le lendemain 17, quand avec le déplacement vers l'E de l'ondulation anticyclonique, l'air tropical fait irruption derrière le front froid dégénéré. Les maximums thermiques atteints sont plus élevées que dans la Galice, et dépassent même à Santander ceux de Porto. Abordant perpendiculairement la chaîne cantabrique, l'air tropical asséché subit un réchauffement au cours de sa descente.

Cette fois encore, le coup de chaleur est de courte durée. Après des nuages d'onde qui apparaissent au-dessus du Pays Basque, en rapport avec l'écoulement du souffle méridional, des Cu et Cb se développent à l'approche d'un front froid. Celui-ci, lié au déplacement d'une perturbation d'O-SO sur les Îles Britanniques, marque l'arrêt brutal du temps chaud.

2°) Anticyclone européen avec advection d'air tropical continentalisé uniquement sur le Minho et la Galice.

Ex. 10 et 12 mai 1965.

A partir du 8 mai 1965, une ondulation anticyclonique du courant d'O se stabilise sur le fuseau méridien Péninsule Ibérique-Iles Britanniques. Elle donne naissance dans les basses couches de l'atmosphère à un anticyclone bloqué sur le NO de l'Europe. En fait, à partir du 10 mai, l'ondulation s'allonge vers le N et maintient dans la moyenne troposphère, un courant de N NE au-dessus du fond du golfe de Gascogne.

Aussi, les régions vascocantabriques sont-elles soumises à un flux de NE, alimenté par de l'air polaire en voie de continentalisation ; à Santander et San Sebastián les rythmes diurnes de la température du 10 au 12 mai rappellent étrangement ceux du 15 et 16 mai 1964. Si au début, le temps reste frais, les températures augmentent les jours suivants, dépassent les normales au fur et à mesure que l'air de plus en plus continentalisé arrive sur le Pays Basque et le versant N des Cantabriques. Mais, ces régions échappent totalement à l'advection d'un air exceptionnellement chaud d'origine tropicale, expulsé en altitude ou dévié vers le SE suivant une trajectoire anticyclonique. Toujours est-il, que les régions littorales des Asturies et du Pays Basque ne connaissent pas la chaleur torride qui s'abat dès le 10 dans le Minho et s'étend le lendemain à la Galice.

De fait, dans toutes les stations de ces deux régions, les températures maximales dépassent largement les records thermiques absolus, signalés par les services météorologiques nationaux pour la période 1931-1960. Alors que pendant cette période de référence, la plus forte température n'a pas dépassé 28°5 à La Corogne, cette station enregistre le 11 un maximum



thermique de  $34^{\circ}0$  ; de même la veille, à Porto où le maximum absolu pour la même période est de  $33^{\circ}3$ , le thermomètre atteint  $34^{\circ}7$  ! En outre, les amplitudes thermiques ( $15$  à  $17^{\circ}$ ) diurnes de ces stations littorales sont nettement supérieures aux écarts thermiques qui se produisent pendant les périodes de situations anticycloniques à alimentation maritime chaude.

Cette chaleur étouffante s'accompagne d'une turbulence atmosphérique caractérisée par la multiplication des tourbillons de vent dans les régions intérieures. De plus le long des régions littorales, le fort gradient thermique qui s'établit dans la journée entre la surface de l'océan ( $14^{\circ}$ )<sup>(3)</sup> et le continent est favorable au renversement des vents et à l'apparition de fortes brises de mer (O-NO) qui soufflent dans le sens opposé à celui du déplacement de l'air, imposé par les conditions synoptiques. Ce rythme diurne amorce donc celui des fortes chaleurs estivales.

Ce type de temps très chaud qui, des régions méridionales et intérieures de la Péninsule Ibérique se propage non seulement aux régions occidentales de la façade atlantique, est lié aux conditions de la circulation générale. Le Minho et la Galice sont en effet placés dans le secteur SO de l'anticyclone européen, sous le versant occidental de la crête chaude le long duquel s'écoule de l'air chaud d'origine de plus en plus méridionale. Finalement, ces régions reçoivent de l'air tropical qui a traversé les surfaces continentales de l'Andalousie et de la Meseta et dont le point de départ se situe à l'O de l'Afrique septentrional, NO du Sahara et Maroc. Quoiqu'il en soit l'air chaud qui atteint la Corogne le 11 mai par l'E est un air très sec à caractère continental, comme

-----

(3) On peut, en effet, considérer que la température de la surface de l'Océan le long du littoral Galice-Minho ne dépasse guère cette valeur, car les températures mentionnées sur les BQE du 10 au 12 mai varient entre  $14$  et  $15^{\circ}$  et d'autre part, la température à Leixões (Port de Matosinhos, à 8 km au NO de Porto) atteint le 17 mai 1965 un maximum de  $15^{\circ}$  seulement, selon l'Anuario climatologico de Portugal vol. XIX p. 130.

l'indique le radiosondage (fig 1012) (4).

Mais, ce coup de chaleur ne se prolonge pas le lendemain au cours duquel se développe brutalement un temps un peu moins chaud et nuageux, car l'expulsion de cet air très chaud se fait à la limite occidentale de l'ondulation anticyclonique du courant d'O alors que celle-ci se déplace lentement vers l'Est. L'approche du versant oriental de la vallée planétaire où évolue une perturbation de SO se caractérise par une diminution de la température des basses couches de la masse d'air. Ainsi en avant du front froid, le refroidissement, soit par contact, soit par imprégnation de cette couche inférieure, entraîne l'apparition d'une inversion de température favorable au développement d'un voile d'Ac qui recouvre d'abord le Minho. En réalité, cette évolution atmosphérique caractérise le passage d'un type de temps anticyclonique très chaud à un type de temps chaud et nuageux de secteur chaud d'un régime perturbé.

---

(4) A 850 mb (à environ 1500 m) alors que la température de l'air est de  $21^{\circ}$ , la différence entre  $\theta'_{ws} = 27^{\circ}$  et  $\theta'w = 17^{\circ}$  est très élevée, et le rapport de mélange ne dépasse pas 3,2 g. Or, ces caractères se situent entre les normes de janvier, et celles de juillet proposées par les météorologistes britanniques. op. cit.

- II - LES TYPES DE TEMPS CYCLONIQUES AU PRINTEMPS.

=====

Evidemment, les conditions synoptiques des situations dépressionnaires sont les mêmes que pendant les autres saisons. Les mêmes données générales de la circulation atmosphérique aboutissent à des situations identiques définies par des structures barométriques et massiques similaires. Ainsi, compte tenu d'une augmentation généralisée des températures, liée à un bilan radiatif désormais positif, les systèmes cycloniques peuvent être encore classés en fonction des ambiances thermiques qu'ils font régner. Cependant, une analyse détaillée des types de temps cycloniques et principalement de leurs aspects pluviométriques, s'impose pour comprendre les nouvelles variations climatiques régionales qui apparaissent au printemps.

Le problème essentiel que nous devons essayer de résoudre, est posé par l'existence durant cette saison d'un maximum pluviométrique secondaire dans les régions vascocantabriques qui deviennent dès lors les régions océaniques les plus arrosées. Or, cette recrudescence des pluies coïncide paradoxalement avec une nette diminution de la fréquence des situations cycloniques : 56 % en mars, 51 % en avril dans la région de St Sébastien. D'autre part, la reprise de l'activité cyclonique en mai qui caractérise la circulation atmosphérique dans l'ensemble du domaine océanique, ne se traduit pas toujours par une augmentation corrélative des pluies, mais au contraire, comme en Galice par une baisse continue.

Bien sûr, les perturbations froides qui suivent des trajectoires à composante NS sont plus fréquentes dans les régions vascocantabriques. Mais, cette seule donnée statistique est-elle suffisante pour expliquer le maximum pluviométrique secondaire au printemps dans ces régions ? Ne faut-il pas



se demander si les différents comportements régionaux de chaque type de situation synoptique ne présentent pas certains aspects originaux par rapport à ceux de la saison froide, si en particulier, le renversement apparu en été des actions pluviométriques régionales des perturbations d'O ne s'amorce pas dès le printemps.

## IIa - TYPES DE TEMPS CYCLONIQUES CHAUDS ET DOUX. L'ATTENUATION ----- DES CONTRASTES PLUVIOMETRIQUES. -----

Ces types de temps se rattachent aux grands types perturbés qui ont déjà été analysés en hiver et en été. Les ambiances douces et chaudes sont en effet créées par les perturbations d'O, de SO et les systèmes dépressionnaires qui, centrés sur la façade atlantique de la Péninsule Ibérique, engendrent des phénomènes orageux. Si les types de temps cycloniques de SO rappellent sur tous les points ceux de la saison froide, en revanche les actions régionales de certaines perturbations d'O commencent à présenter des aspects qui vont s'affirmer en été.

### - A) LES TYPES DE TEMPS CYCLONIQUES D'O AU PRINTEMPS -----

Les types synoptiques des perturbations d'O, leur diversité, leur inconstance se retrouvent au printemps comme en hiver. Mais, leur comportement pluviométrique présente déjà certaines évolutions qui annoncent les transformations importantes des actions pluviométriques de ces perturbations, en été.

De l'étude fréquentielle des intensités des pluies recueillies en 24 heures, il ressort que dès le bimestre avril-mai, les perturbations sont moins actives qu'en hiver.

| FREQUENCES DES PRECIPITATIONS JOURNALIERES CLASSEES EN INTENSITE DONNEE - LIEES AUX PERTURBATIONS D'O - Avril-mai 1946-1965 |      |                                                                  |         |     |      |      |      |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------------------------------------------------------------------|---------|-----|------|------|------|--|
|                                                                                                                             |      | en % du nombre total de jours de chaque type de courant perturbé |         |     |      |      |      |  |
|                                                                                                                             |      | 0                                                                | inf.3mm | <6≤ | <12≤ | <24≤ | <50≤ |  |
| PORTO                                                                                                                       | I-II | 23                                                               | 46      | 8   | 13   | 4    | 1    |  |
|                                                                                                                             | IVm  | 21                                                               | 46      | 8   | 8    | 12   | 3    |  |
|                                                                                                                             | IVg  | 10                                                               | 12      | 12  | 39   | 15   | 12   |  |
| LA COROGNE                                                                                                                  | I-II | 23                                                               | 44      | 11  | 13   | 6    | 3    |  |
|                                                                                                                             | IVm  | 35                                                               | 25      | 13  | 12   | 15   |      |  |
|                                                                                                                             | IVg  | 15                                                               | 24      | 26  | 15   | 12   | 8    |  |
| S.SEBASTIEN                                                                                                                 | I-II | 10                                                               | 40      | 24  | 16   | 5    | 5    |  |
|                                                                                                                             | IV m | 31                                                               | 35      | 4   | 17   | 13   |      |  |
|                                                                                                                             | IVg  | 18                                                               | 38      | 18  | 6    | 9    | 12   |  |

Particulièrement les perturbations qui suivent les trajectoires les plus éloignées sont responsables de précipitations fréquemment moins intenses. L'affaiblissement de ces perturbations septentrionales est surtout sensible en Galice et dans le Minho, là où justement elles sont très actives durant la saison froide. Aussi on assiste au printemps à un renversement des actions régionales, car désormais c'est dans le Pays Basque que la fréquence des précipitations égales ou supérieures à 6 mm est la plus élevée.

Seules les perturbations d'O proches traversant le golfe de Gascogne conservent une plus grande efficacité pluviométrique dans le Minho et la Galice. Paradoxalement, les régions vascocantabriques sont relativement moins arrosées avec les perturbations qui longent la côte cantabrique. Bien sûr, ce sont là des tendances qui marquent une grande variété de comportements particuliers, en fonction des combinaisons des données atmosphériques et géographiques.

1°) Les types de temps pluvieux et doux entretenus par les perturbations d'O septentrionales.

C'est avec les systèmes cycloniques qui suivent les trajectoires O.E. au N du Parallèle 50° que l'activité frontale connaît l'affaiblissement le plus sensible. Si, les formations nuageuses denses de St et de Sc qui accompagnent les discontinuités de ces dépressions continuent à entretenir des ciels gris, typiques des régions océaniques, en revanche elles sont responsables de précipitations quotidiennes moins intenses. Plus exactement, du Minho au Pays Basque, les apports pluviométriques en 24 h supérieurs à 6 mm, fournis par les perturbations éloignées sont beaucoup moins fréquents pendant le bimestre avril-mai que durant l'hiver. Ainsi dès le printemps, s'amorce l'évolution qui aboutit au dépérissement estival de la plupart des perturbations d'O.

| FREQUENCES RELATIVES DES APPORTS PLUVIOMETRIQUES EN 24 H<br>EGAux OU SUPERIEURS A 6 mm - en % par rapport au nombre de<br>jours définis par l'action de perturbation d'O éloignées |                    |                            |                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|----------------------------|--------------------|
|                                                                                                                                                                                    | Hiver<br>(Déc. Jv) | Printemps<br>(Avril - Mai) | Eté<br>(Jt - Août) |
| PORTO                                                                                                                                                                              | 62 %               | 18 %                       | 3 %                |
| LA COROGNE                                                                                                                                                                         | 56 %               | 22 %                       | 16 %               |
| S. SEBASTIEN                                                                                                                                                                       | 51 %               | 25 %                       | 29 %               |

Evidemment, au printemps par suite du déplacement vers le N de l'axe des courants d'O, ces régions sont aérologiquement plus éloignées du centre des perturbations septentrionales. Comme pour la région des Pyrénées, "l'affaiblissement vers le S s'explique par la pression croissante aussi bien au sol qu'en altitude"<sup>(1)</sup>. Cependant, cet affaiblissement est

(1) P. PEDELABORDE ( 516 ) p. 19.



un peu plus atténué dans le Pays Basque. L'action des perturbations septentrionales varie, selon les régions, en fonction des rapports qui s'établissent entre, d'une part l'évolution des fronts, des masses d'air dans les basses couches de l'atmosphère et, d'autre part, l'évolution des ondulations des courants d'O dans la moyenne troposphère.

a) Perturbation septentrionale active en Galice uniquement. - 20-21 mai 1962.

Dans la journée du 20 mai 1962, une dépression d'O aborde les Iles Britanniques (fig. 102) et dirige sur l'Europe Occidentale un corps nuageux qui s'étend du front chaud au front froid. En réalité, seule la partie méridionale de ce système nuageux atteint le N de la Péninsule Ibérique. Au début avec l'arrivée du front chaud, le voile d'Ac puis de St est peu épais et tend à se disloquer rapidement vers l'E et le S. Ce n'est qu'après le passage du front chaud que le temps devient mauvais.

Evolution du temps pluvieux. De fait, l'advection du secteur chaud est responsable d'un temps très doux mais de plus en plus gris et de plus en plus pluvieux. Le ciel pendant l'après-midi se couvre d'un voile bas et épais de Sc, puis de Ns qui provoque, dès la tombée du soir, des pluies dont l'intensité augmente au cours de la nuit et à l'aube du 21. En près de 12 heures, les pluviomètres recueillent 8 mm à La Corogne, 20 mm à Santiago-Labacolla et à Capela au pied du versant occidental du Monte de Fontardion. Bien plus, les fortes précipitations s'étendent au S de la Galice, principalement sur les hauteurs qui dominent les Rías Bajas. Là, les chutes d'eau enregistrées sont remarquables : au-dessus de la Ría de Vigo, sur l'aérodrome de Peinador à 242 m d'altitude, 69 mm d'eau s'abattent sur le sol dans la matinée et le début de l'après-midi du 21.

Cependant, les pluies tombent faiblement dans les régions basses littorales du S de la Galice, puis sur l'ensemble du Minho. Ainsi Braga, Porto ne reçoivent plus que quelques dixièmes de millimètres d'eau. De même vers l'E, le long du littoral vascocantabrique les précipitations diminuent rapidement n'apportant que de minces filets d'eau : à peine plus d'un millimètre à Santander et à Saint-Sébastien.

Origine des variations pluviométriques. Les pluies à l'intérieur du secteur chaud.

On ne peut se contenter d'invoquer la simple dislocation du front froid vers le S, sous l'effet de l'augmentation de pression. Une explication de ce genre peut-être satisfaisante pour le Minho, elle l'est moins pour les hauteurs des Rías Bajas qui ne sont guère plus éloignées de la bordure de l'anticyclone maritime.

De plus, le front froid ne traverse pas la Galice, il effleure la Galice septentrionale et se déplace vers l'E, tangent au littoral vascocantabrique.

Ainsi les régions du domaine océanique sont constamment envahies par la masse d'air polaire maritime chaud ( $\theta'w = 12^\circ$  ;  $\theta ws = 15^\circ$ ) qui entretient des températures maximales supérieures aux normales : La Corogne  $16^\circ 6$  le 20,  $17^\circ 8$  le 21. Il en résulte que les précipitations, et a fortiori les pluies intenses du S de la Galice, se produisent à l'intérieur de l'air chaud lorsque les basses couches commencent à être soulevées à l'approche du front froid<sup>(2)</sup>, et que les bandes de pluies maximales d'instabilité convective dans le secteur chaud traversent la Galice. Car, nous savons après les études des structures fines des perturbations d'O. faites par les météorologistes britanniques, que ces chapelets de cellules convectives

---

(2) K.A. BROWNING, T.W. HARROLD ( 91 ), p. 386.

disposés parallèlement au front froid, s'écoulent dans le sens de l'air chaud. Or, dans la nuit du 21 janvier, l'air chaud, à la limite du versant oriental de la vallée froide, tend à glisser de l'O-SO à l'E-NE. Dans ces conditions les bandes de précipitations maximales qui n'atteignent pas le Minho se heurtent de plein fouet aux hauteurs qui dominent les rías galiciennes et où, par conséquent les mouvements ascendants de l'air sont renforcés. (fig. 102 ).

En revanche, les régions vascocantabriques sont sous l'action de l'air chaud rabattant. Dès lors les mouvements descendants diminuent le nombre des "cellules de convection", provoquent des éclaircies dans le corps nuageux. Sans que l'on puisse ici parler d'effet de foehn, le temps devient moins nuageux et plus chaud ; le 21 dans les stations littorales des Asturies et du Pays Basque, les températures maximales sont nettement supérieures à celles des stations similaires de la Galice : 21° à Gijón, 18°8 à Santander, 19°9 à St Sébastien.

b) Perturbation septentrionale active dans le fond du golfe de Gascogne exclusivement - 20-23 mai 1963.

A l'échelle continentale, la situation synoptique ne diffère guère de la situation précédente. Le 20 mai 1963, une dépression d'O aborde le N des Iles Britanniques alors qu'elle atteint son stade de maturité, caractérisé par un début d'occlusion. C'est encore l'extrémité méridionale dégénérée du front chaud qui traverse les régions septentrionales de la Péninsule Ibérique. Mais en revanche, le front froid balaie toutes ces régions dans la journée du 21, car cette fois une extension vers le S de la vallée froide provoque une puissante décharge polaire qui affecte tout le SO de l'Europe et l'Afrique du Nord (fig. 103)



Le front froid est seul responsable de l'extension du mauvais temps aux régions septentrionales du domaine océanique.

De fait, l'action du front chaud, est atténuée par l'accroissement rapide vers le S, de la pression dans la moyenne troposphère. L'installation du secteur chaud est ainsi caractérisé par un temps ensoleillé sur l'ensemble du domaine océanique, un temps qui cependant devient rapidement plus chaud vers le S comme le prouve la comparaison entre les rythmes diurnes des températures de la Corogne et ceux de Porto, le 20 mai.

Dans la journée du 21 par contre, à l'approche du front froid, le ciel se couvre d'un voile de Sc. Mais, celui-ci se disloque vers le S et l'insolation reste encore forte dans les Rías Bajas, le SE de la Galice et le Minho. Bien plus, le passage du front froid est responsable seulement de faibles précipitations qui disparaissent même, dans les régions méridionales du domaine océanique. A Vigo, il ne pleut déjà plus et dans le ciel de Porto la discontinuité se traduit seulement par la présence de cumulus isolés.

Dans le Pays Basque l'apport pluviométrique est exceptionnellement beaucoup plus important. En réalité, il résulte d'une concentration des averses dans la nuit du 22 après le passage du front lui-même. On retrouve ici l'importance des précipitations d'arrière front, avec une accentuation de l'instabilité de la masse d'air froid dans le fond du golfe de Gascogne. Cette évolution est la conséquence de la convergence des données de la circulation générale qui rappellent celles analysées pour la période froide, et de nouveaux facteurs régionaux dont l'action s'affirme pendant l'été.

La régénération dans le fond du golfe de Gascogne  
d'un front froid à l'origine peu actif.

Lorsqu'il aborde l'Europe, le front est déjà peu actif. Bien sûr, la présence en altitude d'un air chaud et stable qui se marque par une réelle inversion de température (cf. radiosondage du 21 mai à La Corogne) constitue un obstacle au développement des nuages cumuliformes qui peuvent se former dans l'air froid inférieur convectivement instable. Surtout, le front présente les caractères d'un katafront ; l'air chaud s'écoule beaucoup plus rapidement que l'air froid et a donc tendance à s'affaïsser dans la moyenne troposphère. En outre, l'étalement de l'air froid et sa déviation vers le SE par l'effet hydrodynamique d'obstacle des massifs montagneux entraîne la dégénérescence complète du front, dans la Galice méridionale et le Minho.

En revanche, l'air froid postérieur dans cet atmosphère relativement stable a du mal à s'élever au-dessus de la chaîne élevée des Cantabriques. Aussi lorsque le flux de NO se renforce dans la nuit du 22 mai, avec l'arrivée du versant occidental de la vallée planétaire au-dessus du golfe de Gascogne, cet air froid s'échappe-t-il vers le S en s'engouffrant au-dessus des collines basques relativement plus basses. Comme pendant les autres saisons, la convergence des filets d'air ne peut qu'activer les mouvements ascendants.

Mais, cette régénération de la traîne doit être due également à un autre facteur géographique dont nous avons vu le rôle important en été. Le réchauffement plus rapide des eaux du fond du golfe de Gascogne, commence à rendre la température de la surface de l'Océan ( $14^{\circ}$ - $15^{\circ}$ ) plus élevée que celle des basses couches de l'air froid expulsé. Ce fait ne peut qu'accroître l'évaporation et par conséquent une réalimentation en vapeur d'eau de l'air froid qui réchauffé et humidifié à la base devient encore plus instable. C'est pourquoi égale-

ment le front froid secondaire, issu probablement de la rétrograde de la dépression fournit un peu plus de précipitations dans les régions vascocantabriques que dans la Galice<sup>(3)</sup>.

Et on peut se demander si cette régénération n'est pas à l'origine d'une cyclogenèse qui accélère le détachement de la goutte froide au cours de la journée du 22 mai.

2°) Les types de temps pluvieux et frais des perturbations d'O proches.

Les systèmes cycloniques longeant la façade septentrionale des Cantabriques sont également moins actifs qu'en hiver, excepté dans le Minho où la probabilité de provoquer en 24 h des précipitations assez fortes ou fortes ne diminue guère.

| FREQUENCES DES PLUIES QUOTIDIENNES EGALES OU SUPERIEURES<br>A 6 mm en période de perturbation d'O traversant le golfe<br>de Gascogne en % |              |                  |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|------------------|------------|
|                                                                                                                                           | <u>hiver</u> | <u>printemps</u> | <u>été</u> |
| PORTO                                                                                                                                     | 65           | 66               | 10         |
| LA COROGNE                                                                                                                                | 50           | 35               | 24         |
| IGUELDO-S.SEBASTIEN N                                                                                                                     | 49           | 27               | 41         |
|                                                                                                                                           |              |                  |            |

Ainsi, les fortes pluies qui accompagnent les passages de perturbation d'O proches se produisent plus régulièrement dans le Minho. Comme en hiver, la déflexion vers le S du flux d'O rapide accentue le mouvement cyclonique. Toutefois, les données générales de la circulation priment encore, et les effets des perturbations proches sur l'enchaînement des états de l'atmosphère dans les régions vascocantabriques dépendent des formes d'évolution des ondulations du courant d'O.

(3) A rapprocher de la régénération des traînes dans le Bassin Méditerranéen en hiver, rappelée récemment par P. QUENEY ( 568 ) p. 270.



a) Le mauvais temps généralisé avec une perturbation proche. Ex. le 27-29 avril 1961 - Circulation zonale.

Le mois d'avril 1961 est très pluvieux ; dans tout le domaine océanique et principalement aux extrémités occidentale et orientale, les précipitations dépassent largement les moyennes<sup>(4)</sup>. Or, parmi les nombreuses perturbations qui affectent, durant cette période de l'année, la Péninsule Ibérique, certaines se déplacent sur le golfe de Gascogne, selon des trajectoires parallèles à la côte Cantabrique.

Particulièrement à la fin du mois, un rapide courant d'O dirige une perturbation à travers le golfe de Gascogne ; une forte baisse de pression apparaît sur le front occlus d'une dépression évoluant sur l'Atlantique au N du parallèle 50°. En réalité, ce noyau de baisse se développe avec l'approfondissement en altitude de la vallée froide qui provoque, pendant la nuit du 28, le déplacement rapide du système frontal, à travers la Péninsule Ibérique. Au sol, la pointe du secteur chaud traverse encore le Minho, tandis que le début du front occlus couvre progressivement d'un voile de Sc et de Ns le N de la Galice et les régions Vascocantabriques.

Dès le début dans le Minho, avec des températures maximales supérieures à la normale, les pluies tombent en abondance (fig.104) .. Le temps de traîne plus froid et plus clair s'installe difficilement, longtemps après le passage du front froid. L'instabilité de l'air froid expulsé (cf. radiosondage de La Corogne)<sup>(5)</sup> permet le développement vertical des nuages cumuliformes qui fournissent de fortes averses dont la fréquence s'atténue cependant, en fin de journée du 28. C'est seulement dans l'après-midi du 29, que le ciel s'éclaircit, avec l'apparition d'une faible dorsale barométrique. Plus au N dans la région

-----

(4) Boletín climatológico - avril 1961 p. 24.

(5) A. LINES ESCARDO (390) n° 81.p. 92.

de La Corogne, les pluies sont moins intenses bien que le ciel reste longtemps très couvert. La Galice septentrionale connaît alors un temps très nuageux aux températures moyennes peu variables.

En revanche, dans les régions vascocantabriques, si le rythme diurne des températures reste peu contrasté, le temps est frais avec des températures nettement inférieures aux normales les 28 et 29. Surtout, des pluies intenses, voire diluviennes, sont à nouveau enregistrées. En 24 h, la lame d'eau, recueillie à S. Sébastien est plus épaisse que celle mesurée à Porto, tandis que d'énormes abats se produisent sur les hauteurs basques : en 24 h - 28 au matin 29 au matin - Oyarzun reçoit 112 mm et Articuza 132 ! Auparavant, un beau temps ensoleillé avait marqué l'approche du front occlus. Sous l'effet du flux de SO à l'avant de la perturbation les températures avaient subi une forte hausse : à S. Sébastien le maximum était passé de 13°8 la veille à 21°5 le 27. Un vent de S chaud et sec (humidité relative 49 %) qui présentait les caractéristiques d'un foehn soufflait sur la côte basque. Mais très rapidement, le ciel s'est couvert à l'arrivée du front occlus qui est responsable de la chute sensible de la température et des pluies abondantes.

D'ailleurs, les précipitations redoublent d'intensité (si l'on tient compte du rythme pluviométrique à Biarritz) pendant la nuit du 29, sous l'action du retour de l'extrémité du front occlus. L'évolution de cette rétrograde correspond en fait à l'enroulement du système nuageux autour de la colonne froide qui s'est détachée du reste du courant zonal. L'irruption du secteur postérieur de cette dépression isolée crée dans le fond du golfe de Gascogne un puissant flux de N-NO. Dès lors, l'air froid devient très instable après son soulèvement en bloc, activé par l'effet conjugué du front et du relief

De plus, comme le passage de cet air est canalisé vers le S, les conditions convergent pour entretenir de puissants mouvements ascendants au-dessus du Pays Basque.

C'est donc bien le passage de la colonne, froide, juste au-dessus du fond du golfe de Gascogne, qui est à l'origine de ce renforcement de la perturbation dans les Asturies orientales et le Pays Basque. Toutefois, les précipitations les plus abondantes se produisent dans son secteur postérieur quand l'air peu stable est entraîné vers le S et se heurte aux obstacles topographiques. Si, pour des raisons de circulation générale, ce déplacement vers le S ne peut se faire, l'activité de la perturbation d'O s'atténue fortement dans le fond du golfe de Gascogne.

b) Perturbation d'O proche peu active dans le Pays Basque. Ex. 12-13 avril 1966 - Phase ultime de circulation méridienne S.

Au début de la deuxième décade du mois d'avril 1966, une série de perturbations d'O longent la côte septentrionale de l'Espagne et des Pyrénées avant de déboucher dans le bassin Méditerranéen. De la même façon que pour l'exemple précédent, les perturbations arrivent sur la Péninsule Ibérique au stade de maturité avec un début d'occlusion. Ce sont cependant les pointes des secteurs chauds qui traversent le Minho et la Galice et atteignent le Pays Basque.

Le domaine océanique dans son entier est ainsi parcouru par les mêmes systèmes frontaux. Plus particulièrement le 12 avril, une perturbation (fig.105a) à structure constante balaye tout le N de la Péninsule Ibérique. Or, le temps qui en résulte est loin de présenter partout les mêmes aspects, et la même enchaînement. L'illustration graphique des rythmes diurnes des éléments climatiques des différentes stations est significative à cet égard.



En Galice dans les régions côtières le temps est doux, nuageux, mais peu pluvieux, avec une faible recrudescence des pluies dans la nuit du 13. En revanche, sur les massifs élevés littoraux ou de l'intérieur de la Galice méridionale et du Minho les précipitations sont très abondantes ; en 24 h, Vigo-Peinador enregistre près de 44 mm, alors que les totaux pluviométriques pour la même durée dépassent 100 mm dans les stations de la Serra do Gerês (Junceda à 1133 m, Leonte à 830 m). Enfin, dans les régions littorales Vascocantabriques, le temps est plus ensoleillé et des pluies de très faible intensité tombent dans la nuit seulement. Bien plus, l'air est beaucoup plus doux, même tiède car la température maximale dépasse largement la normale. Par effet de foehn (températures basses 9° à Léon, 12° à Burgos, 15° à Vitoria et pluies continues sur le versant méridional des Cantabriques), l'air de la pointe du secteur chaud alimente un vent de S, chaud et sec (humidité inférieure à 50 % à Santander). Et même, si cet effet est interrompu par l'arrivée du front froid, ce dernier ne fournit que quelques traces de pluie dans la nuit du 12 avril.

Ce contraste régional ne peut s'expliquer que par la présence permanente d'un flux de S. SO dans la basse et moyenne troposphère, pendant toute l'évolution de la perturbation. A l'échelle planétaire, toute la façade de l'Europe est affectée par l'extrémité orientale de la vallée froide qui s'insinue au S de la cellule anticyclonique détachée (cutoff high), au-dessus de l'Islande. Cette situation est favorable à l'établissement prolongé d'un flux de SO. Celui-ci se heurte directement aux massifs de la Galice et du Minho, et se rabat sur le versant N des Cantabriques. Toutefois, ce n'est pas le simple soulèvement des fronts au-dessus de la Galice et du Minho qui explique la recrudescence des pluies pendant la nuit du 13. Les abats pluviométriques les plus importants se produisent bien après le passage du front froid, lorsque la colonne froide passe au-dessus du NO de la Péninsule Ibérique, dans la nuit

du 13. Le radiosondage de La Corogne, du 13 à 00 h, souligne en effet l'advection dans la moyenne troposphère d'un air plus froid et plus sec. Cette structure favorise le développement de l'instabilité de l'air froid lorsque celui-ci s'élève au-dessus des versants montagneux.

Mais la colonne froide traverse en diagonale la Péninsule Ibérique en direction de la Tunisie, de sorte qu'elle laisse sur sa gauche les Asturies Orientales et le Pays Basque qui continuent à être soumis à l'action des vents à composante S dans la basse et moyenne troposphère.

#### - B) LES TYPES DE TEMPS CYCLONIQUES DOUX DE SO.

-----

La fréquence élevée de formes de circulation méridienne fait que les différentes situations cycloniques qui dirigent un temps perturbé doux de SO sur la Péninsule Ibérique, sont nombreuses au printemps. Ces situations dépressionnaires relèvent des mêmes types que ceux analysés en détail pour la saison froide. L'originalité du printemps réside surtout dans une stabilisation plus fréquente au NO de la Galice, des dépressions atlantiques.

Par opposition à ce qui se passe pour les perturbations d'O, les effets pluviométriques régionaux sont dans des rapports identiques à ceux de l'hiver, c'est-à-dire qu'elles provoquent toujours les précipitations les plus intenses dans le Minho, puis dans la Galice. Toutefois, la probabilité de produire une pluie quotidienne égale ou supérieure à 6 mm, tend à augmenter dans le Pays Basque, principalement avec les perturbations de SO passant sur le NO de l'Espagne. Car, les perturbations de SO proches sont de loin les plus actives et leur activité croît proportionnellement plus dans le fond du golfe de Gascogne et

dans la Galice que dans le Minho.

Les distributions des intensités pluviométriques journalières en période de temps perturbés de SO illustrent ces quelques effets généraux.

| INTENSITES PLUVIOMETRIQUES JOURNALIERES LIEES AUX PERTUR- |     |                                           |    |    |     |     |    |   |
|-----------------------------------------------------------|-----|-------------------------------------------|----|----|-----|-----|----|---|
| BATIONS DE SO Avril-Mai 1946-65                           |     |                                           |    |    |     |     |    |   |
|                                                           |     | : en % du nombre total de jours de chaque |    |    |     |     |    |   |
|                                                           |     | : type de perturbations de SO             |    |    |     |     |    |   |
|                                                           |     | 0                                         | <3 | <6 | <12 | <24 | 50 |   |
| PORTO                                                     | VIa | 23                                        | 18 | 16 | 19  | 16  | 8  | 1 |
|                                                           | VIg | 4                                         | 16 | 26 | 14  | 26  | 13 | 1 |
| LA COROGNE                                                | VIa | 22                                        | 34 | 18 | 16  | 7   | 2  | 1 |
|                                                           | VIg | 10                                        | 19 | 24 | 28  | 14  | 5  |   |
| S. SEBASTIEN                                              | VIa | 49                                        | 32 | 5  | 11  | 3   | 1  |   |
|                                                           | VIg | 22                                        | 38 | 10 | 20  | 2   | 8  |   |

VIa - perturbation SO éloignée, VIg perturbation de SO proche.

1°) Les oppositions régionales avec perturbation de SO éloignée sur l'Atlantique. Coup de chaleur dans les régions Vascocantabriques. Ex. 5-6 juin 1958.

Le début du mois de juin, à la limite du printemps et de l'été, offre un exemple typique de perturbation de SO évoluant sur le versant oriental d'une ample vallée planétaire, axée du Canada au SO de l'Europe<sup>(6)</sup>. Du 4 au 6 juin, une dépression moyennement creusée (995 mb) se déplace des Açores à l'Irlande et entraîne avec elle une ondulation de la surface frontale séparant l'air Tm de l'air Pm. Mais, c'est seulement au cours de la nuit du 5 juin que le front chaud aborde le NO de la Péninsule Ibérique. (Fig. 106).

(6) A. LINES ESCARDO (330 ) p. 309. n° 71.



Pluies intenses sur les massifs élevés du Minho et de la Galice.

Dès lors, jusqu'au matin du 6 juin le ciel reste entièrement couvert par un corps nuageux qui s'étend sans interruption du front chaud au front froid (fig.106). Ce système nuageux s'épaissit de plus en plus ; un voile de Sc, lié au front chaud, fait place progressivement à une vaste formation de Ns lorsque s'approche le front froid. Cette masse sombre, cotonneuse s'accroche alors aux reliefs les plus bas et propage vers le NE une vague de fortes précipitations ; les intensités horaires maximales sont atteintes le 5 juin vers 17 h à Porto, vers minuit seulement à La Corogne. Cependant, des pluies se produisent encore après le passage du front froid le 6 juin, mais cette fois sous forme d'averses isolées, déclenchées par des nuages à développement vertical Cb. Pendant cette situation de traîne, le temps continue à être doux ; à La Corogne 19°, à Vigo Porto 18°, le maximum thermique baisse d'un degré seulement par rapport à la veille.

Au total, cette perturbation est responsable de précipitations intenses qui s'abattent principalement sur les plateaux et les versants montagneux exposés aux bourrasques de SO. La carte (fig.106) des totaux pluviométriques, recueillis en réalité pendant moins de 36 heures, met bien en évidence la régularité dans ces régions, quelle que soit la saison, des fortes intensités des précipitations dues aux perturbations de SO. Car, celles-ci s'accompagnent toujours de masses d'air fort instable qui s'écoulent sur le flanc oriental de l'ample vallée froide. Après s'être séjournées sur les régions subtropicales atlantiques au sud des Açores, les masses d'air maritime arrivent sur le NO de la Péninsule Ibérique avec des couches inférieures réchauffées et humidifiées.

C'est particulièrement l'air froid postérieur qui présente les plus fortes conditions d'instabilité sélective,

comme le montre l'analyse des radiosondages de La Corogne. Le 6 juin, si dans les basses couches de la troposphère, cet air froid présente bien des caractéristiques proches de ceux de l'air maritime chaud (à 900 mb  $\theta'w = 14^\circ$ ,  $15^\circ$ ,  $\theta'ws = 15^\circ - 16^\circ$ ), en revanche, dans les couches moyennes il est beaucoup plus froid et sec ( $\theta'w = 11^\circ$ ,  $\theta'ws = 14^\circ$  à 700 mb) et s'oppose fortement à l'air humide du secteur chaud ( $\theta'w = 16^\circ$ ,  $\theta'ws = 17^\circ$ ). La forte activité du front froid s'explique donc d'abord, par ce violent contraste des masses d'air. Mais elle s'explique également par la structure même de l'air froid qui devient très instable lorsqu'il s'élève au-dessus des régions élevées, soumises directement aux flux du SO. Les mouvements ascendants qui s'y déclenchent, accélèrent le soulèvement du front froid et de l'air humide, entretiennent la formation des nuages d'instabilité, Cb, de la traîne.

Sur le versant N des Cantabriques, ces conditions d'instabilité s'atténuent, par réchauffement et assèchement des masses d'air au cours de leur retombée.

Le temps peu pluvieux et chaud des régions Vascocantabriques.

De fait, la carte met bien en évidence la diminution brutale des pluies dans ces régions ; pendant toute l'évolution de la situation cyclonique les totaux pluviométriques recueillis dans les stations littorales sont loin d'atteindre 2 mm. Sous l'effet des vents rabattants, les fronts perdent toute leur activité. Toutefois les pluies de faible intensité se produisent, surtout au début de l'après-midi du 5 juin : 1,2 mm à Santander aux environs de 15 h 30. Le temps reste même couvert toute la journée ; Ac et Ns obscurcissent le ciel des Asturies placées pourtant sous le vent. La rupture du système nuageux ne semble pas cette fois se réaliser. Ce fait doit être lié à la présence d'une première ondulation du front qui a pour conséquence de diminuer l'angle entre la trajectoire suivie par le

corps nuageux et l'axe montagneux.

Par contre, la deuxième partie du secteur chaud et le front froid abordent les Cantabriques sous un angle plus large et l'effet hydrodynamique d'obstacle est cette fois plus sensible. Pendant la nuit sur la bordure du golfe de Gascogne le ciel se dégage (Cu et Ac disposés en ondes) sous l'influence d'un souffle chaud venu du Sud. Celui-ci entretient une température élevée, toute la nuit du 6 juin à Santander, le thermomètre se stabilise à 21°. Un véritable effet foehn en pleine nuit annihile ainsi le refroidissement nocturne par rayonnement. La température diminue légèrement dans le milieu de la journée lorsque l'air plus frais (19°) commence à s'écouler, sans que l'arrivée de la discontinuité frontale s'accompagne de précipitations. Cette fois le système nuageux se disloque et n'est plus représenté que par des voiles isolés de Sc Ac. C'est que l'affaissement brutal de l'air froid produit un réchauffement qui tend à diminuer l'opposition des masses d'air.

2°) Les oppositions régionales atténuées au printemps avec une perturbation de SO passant sur la Galice. Ex. 19-20 mai 1950.

La circulation lente méridienne domine pendant tout le mois de mai 1950. En particulier, au cours de la 3ème semaine une grande vallée froide des westerlies dirige sur l'Europe Occidentale une série de perturbations de SO. L'une de celles-ci passe exactement au-dessus du Minho et de la Galice, pendant les journées du 19 et du 20 mai (Fig. 107).

Un front occlus séparant deux masses d'air polaire instable balaie effectivement ces régions ibériques dans l'après midi du 19 et la nuit du 20. L'état de l'atmosphère qui résulte de son passage rappelle dans ses grands traits celui créé par le courant de SO plus éloigné.



Dans les régions occidentales du domaine océanique :

- des températures assez élevées augmentant du S au N : max.  $19^{\circ}1$  à La Corogne,  $16^{\circ}6$  seulement à Porto.

- un ciel entièrement couvert de stratocumulus et de nimbostratus, poussés par des vents de S à SO assez forts (30 à 40 km/h).

- par suite, des précipitations abondantes sur toutes les régions ; la carte des pluies apportées par ce type de temps ne diffère guère de celle établie pour le 5-6 juin 1958 : mêmes fortes précipitations sur les hauteurs dominant les Rías Bajas, sur le plateau et les massifs intérieurs, "fouettés" par les vents humides de SO, enfin, opposition identique entre les versants S très pluvieux et les versants sous le vent moins arrosés des montagnes de la Galice orientale (Sierra de Ancares...) et de la chaîne des Cantabriques.

Un temps moins pluvieux et plus chaud dans les régions vascocantabriques.

De la même façon, la baisse des précipitations sur le versant N des Cantabriques et du Pays Basque est également spectaculaire ; il pleut à peine dans la région de Santander. Et surtout, les températures sont beaucoup plus élevées. Dès le premier jour alors que le ciel est entièrement couvert les températures dépassent  $20^{\circ}$  et le lendemain, souffle un vent du S encore plus chaud :  $23^{\circ}$  à Santander,  $26^{\circ}6$  à San Sebastián où cette montée du thermomètre doit être liée à un effet de foehn dans le fond du golfe de Gascogne.

Cependant, l'action de cette perturbation proche diffère de celle de la perturbation éloignée sur l'Atlantique. Les régions littorales du N de la Galice reçoivent en comparaison des précipitations plus importantes. Bien plus, certaines régions littorales vascocantabriques et les hauteurs du Pays Basque sont nettement plus arrosées. Nous retrouverons ici,

l'influence de l'air plus froid qui s'écoule dans la moyenne troposphère sur le versant oriental de la vallée planétaire.

L'advection directe au-dessus de la Galice d'un air froid humide ; comme le soulignent les cartes isobariques d'altitude, et les radiosondages du point K et de Bordeaux, rend moins sensible l'atmosphère aux mouvements verticaux imposés par les variations topographiques de détail. Sur la retombée septentrionale des Cantabriques la présence de cet air humide et froid ne favorise pas un développement généralisé du foehn.

- C) LES TYPES DE TEMPS CHAUDS ET ORAGEUX S-SE LIES AUX DES-  
-----  
PRESSIONS IBERIQUES.  
-----

Ces types de temps qui fréquemment correspondent à des situations synoptiques spécifiques de l'été, apparaissent dès le printemps. Car nous avons vu que ces situations résultent de l'évolution de la circulation méridienne plus lente qui aboutit à l'isolement de colonnes cycloniques froides sur la façade occidentale de la Péninsule Ibérique. Or, au printemps ces "vortex" stables, responsables de temps chauds orageux, sont très fréquents.

Comme en été, les aspects particuliers du temps orageux (température, intensité des pluies) dépendent du contraste violent qui oppose les masses d'air en présence : origine de la goutte froide isolée et surtout nature de l'air chaud aspiré. C'est le refroidissement brutal de ce dernier à l'intérieur du cylindre froid qui provoque la formation des systèmes nuageux et l'analyse à l'évolution de la perturbation de S-SE.

Le plus souvent, c'est de l'air maritime chaud évolué (Pm ou Tm) qui s'est éjourné sur le bassin Méditerranéen où il se mélange parfois à de l'air polaire chaud continentalisé. Surtout, la capacité hygrométrique de cette nouvelle masse d'air transformé s'accroît rapidement. Dès lors, ces perturbations activées par les pénétrations de cet air méditerranéen chaud et humide, sont des manifestations du front actif atlantico-méditerranéen, génératrices de violentes averses dont l'origine peut être qualifiée de "mixte à la fois océanique et méditerranéenne"<sup>(7)</sup>.

Quoi qu'il en soit, ce type de perturbation est responsable d'un temps pluvieux qui se propage toujours du S vers le N de la Péninsule Ibérique. Malgré cette direction, les régions vascocantabriques n'échappent pas toujours à la violence de ces manifestations orageuses. Car parfois, la pointe de l'air chaud refroidi aboutit directement dans le fond du golfe de Gascogne.

1°) Perturbations méditerranéennes orageuses de S-SE atteignant la côte portugaise. Ex. 11-13 Mai 1950. Les fortes pluies dans le Minho et la Galice méridionale.

La deuxième décade du mois de mai 1950, offre un exemple remarquable de ce type de temps lié à l'activité d'une dépression lusitanienne, alimentée en énergie et en humidité par l'intervention de l'air venu du bassin méditerranéen. En réalité, cet air chaud et humide provient de l'évolution de l'air polaire maritime chaud qui, sous l'effet d'une circulation méridienne lente (la racine de la vaste ondulation anticyclonique est sur les Balkans et l'Italie) est venue stagner sur le Bassin Méditerranéen à la fin de la première décade.

-----

(7) M. PARDE (508 ) p. 631.



Or, pendant que cet air immobile s'échauffe et s'humidifie, une goutte froide ( $-25^{\circ}$  - se détache en longeant les faces E et S de la cellule anticyclonique Islando-Scandinave (cutoff high) pour venir se stabiliser sur la façade atlantique du Portugal.

L'accroissement du contraste massique entraîne la formation d'un front entre l'air polaire maritime et l'air méditerranéen. Mais simultanément, la régénération de la dépression froide provoque à son tour une ondulation du front le long de laquelle se développent les phénomènes orageux. Une langue d'air chaud méditerranéen avance une pointe vers le centre de la colonne dépressionnaire et à partir du 11, envahit le Minho et la Galice en refoulant progressivement un front chaud sur le golfe de Gascogne. Cependant, les précipitations les plus abondantes se produisent dans la journée du 12 et la nuit du 13, lorsque, après avoir refoulé en latitude un air plus chaud d'origine continentale (front occlus interne), l'air méditerranéen entre plus brutalement en contact avec l'air polaire maritime de retour.

Pendant ces deux jours, des nuages d'instabilité (Cu et Cb) produisent des averses fréquentes sur le Minho et la Galice. Outre les mouvements ascendants entretenus par le fort gradient thermique vertical et le fort taux de décroissance verticale de l'humidité (cf. radiosondage à Bordeaux le 12 - 3 h) le refroidissement général de l'air méditerranéen dans la colonne froide alimente de fortes condensations. Ce sont les premières bouffées d'air chaud qui provoquent une montée importante du thermomètre sans lendemain, au début de l'évolution de cette situation :  $22^{\circ}5$  le 10 à Porto -  $21^{\circ}$  le 11 à La Corogne. Mais ensuite, la température redescend à  $18-19^{\circ}$  tout en restant supérieure à la normale. Malgré leur position d'abri, par rapport à la trajectoire SN suivie par les fronts et les masses d'air, les régions littorales vasco-

cantabriques connaissent le même rythme thermique. A peine, si l'affaîssement de l'air méditerranéen créé dans un premier stade des températures un peu plus élevées : 23°8 à Igueldo, 22° à Santander le 11. Cependant, les averses y sont moins fréquentes et les précipitations recueillies au cours de ces trois jours sont nettement moins abondantes que dans le reste du domaine océanique : 4 mm à Santander au lieu de 10 mm à La Corogne, 10 mm à S. Sébastien-Igueldo pour 32 mm à Vigo et 20 à Porto.

2°) Perturbation méditerranéenne S. active dans le Pays Basque le 26-27 mai 1956.

Cette perturbation active est la cause de la crue brutale de l'Oria le 27 mai 1956<sup>(8)</sup>. La situation synoptique qui dirige son développement rappelle celle du 12-13 mai 1950 ; une goutte froide le 26 Mai se déplace du golfe de Gascogne à la façade du Portugal après s'être détachée d'une vallée froide en expansion vers le S, le long du méridien 5°. Un violent contraste s'établit entre d'une part, l'air froid instable de cette colonne dépressionnaire qui reste responsable d'un temps pluvieux et froid dans l'ensemble du domaine océanique, sauf dans le Minho (fig. 108), et, d'autre part l'air chaud et humide stagnant sur le bassin méditerranéen (cf. radiosondage Bordeaux fig. 108). L'ondulation qui se développe sur ce front correspond cette fois encore à la pénétration de l'air méditerranéen. Mais, à l'inverse de la situation précédente, la pointe du secteur chaud n'atteint pas la côte occidentale de la Péninsule Ibérique. Le coin d'air méditerranéen pénètre seulement dans le fond du golfe de Gascogne, au cours de la soirée du 26 et la nuit du 27 mai.

---

(8) J. MOUNIER - ( 459 ) p. 453.

### Les pluies diluviennes dans le Pays Basque

L'arrivée de l'air méditerranéen a pour conséquence une élévation sensible de la température maximale. Surtout, le refroidissement de cet air chaud et humide ( $\theta'w = 16^\circ$   $r = 9,5$  g à 850 mb, cf. radiosondage de Bordeaux) au contact de l'air très froid accumulé en altitude dans la dépression provoque dans la basse troposphère des conditions d'instabilité conditionnelle et dans la moyenne troposphère des conditions d'instabilité absolue. Par suite des forts mouvements ascendants sont responsables de la formation d'un corps nuageux dense (Sc-Cu épais) qui, poussé à la base par des vents d'E-NE, vient se heurter dans le fond du golfe de Gascogne aux versants septentrionaux des hauteurs basques. Cette convergence de facteurs explique également les précipitations intenses qui s'abattent sur le Pays Basque dans la nuit du 27 mai : 45 mm en 12 h à S. Sébastien. Et encore le total pluviométrique de 83 mm, recueilli dans cette station en 18 heures, du 26 au soir au 27 au midi, est-il largement dépassé par ceux des stations intérieures : 107 mm à Elduayen ! On comprend dès lors qu'un tel épisode pluvieux, survenu après cinq jours pluvieux consécutifs, ait provoqué un gonflement exceptionnel des rivières basques.

### Diminution rapide de l'activité de la perturbation vers l'O.

De fait, la perturbation évolue rapidement. Alors qu'elle est encore à son stade de jeunesse à son arrivée dans le fond du golfe de Gascogne, l'occlusion se développe rapidement au cours du déplacement en direction du Bassin d'Aquitaine. C'est donc un front occlus, peu actif qui balaie les Asturies et la Galice. Au-delà de la vallée de Nervion, les précipitations faiblissent rapidement dans les régions littorales ; ainsi, les pluies de Santander représentent à peine le quart de celles de Saint-Sébastien. De même dans les régions monta-



gneuses, les apports pluviométriques semblent diminuer sensiblement à l'O de la Sierra del Escudo, de la vallée du Río Pas ; ils n'atteignent guère 30 mm dans les stations les plus élevées des Picos de Europa.

La Galice, à peine touchée par l'extrémité du front occlus, connaît en fin de journée du 26 et pendant la nuit du 27, un type de temps plus frais et faiblement pluvieux (cf. rythme diurne des pluies à La Corogne). Et si dans la soirée du 27, le temps se couvre à nouveau et que de faibles pluies sont enregistrées c'est parce qu'une nouvelle perturbation se crée avec l'advection de la cellule froide sur le N du Portugal. Les contrastes horizontaux et verticaux qui s'accroissent entre l'air polaire évolué, réchauffé et humidifié sur l'Atlantique au SO du Portugal, et l'air polaire maritime de retour, régénère la colonne dépressionnaire, le "vortex". Une nouvelle fois, l'air doux et humide pénètre dans la colonne froide où elle alimente une autre formation nuageuse dense qui alimente des pluies très abondantes dans le Minho (plus de 86 mm en 24 h à Porto) et dans les Rías Bajas. Ainsi, malgré la permanence de la situation synoptique, malgré la stabilisation de la dépression sur la façade occidentale de la Péninsule Ibérique, ce type de temps frais et pluvieux est tout à fait différent de celui des régions basques. Il ne résulte plus d'une activité du front méditerranéen, il est la conséquence d'un conflit entre deux masses d'air polaire, d'un conflit qui est d'ailleurs à son tour exacerbé par les mouvements qu'il réveille à l'intérieur de la colonne dépressionnaire.

Ainsi la classification des types de temps liés à la présence d'une dépression dynamique évoluant lentement sur le Portugal, doit reposer non seulement sur une analyse du mouvement des masses d'air, mais également, en l'absence de renseignements fournis par les radiosondages, sur des études précises

des rythmes diurnes pluviométriques et thermiques.

3°) Perturbation de S.SE ibérique - manifestation du F A L au printemps. Ex : 6-7 juin 1966. Les fortes pluies localisées dans l'intérieur de la Galice.

Dès le printemps, des perturbations nées du conflit entre les cellules froides détachées et l'air chaud venu du continent africain, longent la façade occidentale de la Péninsule Ibérique et apportent le mauvais temps orageux dans le domaine océanique. Mais comme en été, celui-ci se trouve à la limite de l'advection de l'air tropical continentalisé qui est bien souvent refoulé dans la moyenne troposphère, de sorte que le plus souvent le ciel se couvre d'un système nuageux à caractère orageux (Sc) sans qu'il se produise une élévation spectaculaire de température. Toutefois, nous savons que sur la bordure orientale d'une colonne dépressionnaire froide, des mouvements complexes peuvent bouleverser la stratification des masses d'air et entraîner des advections d'air froid au-dessus de l'air chaud qui a d'ailleurs pu se charger d'humidité, lors de son passage au-dessus de l'Atlantique (S. de l'Algarve) et de la mer Alboran. Ce type d'évolution est illustré par la situation des 6-7 juin 1966 (fig.109).

L'évolution de la perturbation alimentée par de l'air tropical continentalisé.

Dans les basses couches de la troposphère, la situation est mal définie mais la faible dépression centrée sur la région de Lisbonne (1016 mb) est en réalité la base d'une cellule cyclonique isolée. Celle-ci centrée le 6 juin au N de Madère, après avoir reçu une nouvelle alimentation d'air froid, due à l'extension d'une coulée polaire sur l'E de l'Atlantique, se creuse et se déplace en direction du centre du Portugal. Corrélativement, une poussée d'air chaud venue d'AFN se fait en direction de la Galice et du golfe de Gascogne (cartes isobariques 500 mb et 300 mb). cet air chaud

tropical continentalisé, humidifié au-dessus des surfaces maritimes de chaque côté du détroit de Gibraltar, devient très instable en se refroidissant au contact de la colonne froide, et alimente d'épaisses formations nuageuses (Sc et Cb). Surtout, les conditions d'instabilité s'accroissent lorsque l'air froid expulsé en altitude, avance vers l'E surmontant des lambeaux d'air chaud qui se sont étalés au niveau du sol dans certaines régions.

Le jeu complexe des masses d'air apparaît nettement sur les radiosondages de La Corogne des 6 et 7 juin 1966. Le premier jour, de l'air chaud apparaît dans la moyenne troposphère ( $\theta_w = 18^\circ$  à 500 mb) glissant au-dessus d'un air froid inférieur ( $\theta_w = 13^\circ$  à 800 mb). l'inversion de température qui résulte de cette stratification, explique la stabilité de l'atmosphère. Seules des voiles de stratus limitent l'insolation, tandis que l'approche de l'air Tc commence à entraîner une augmentation de la température, dans les régions intérieures en particulier (comparer La Corogne et Santiago-Labacolla). Le lendemain la disposition des masses d'air a complètement changé, cette fois, c'est l'air froid qui occupe les niveaux moyens et supérieurs à la suite du déplacement vers le NO de la goutte froide. Spn advection brutale en altitude au-dessus d'une couche inférieure d'air plus chaud accentue le gradient thermique vertical et fait apparaître des conditions d'instabilité conditionnelle, favorables au développement des formations nuageuses denses.

Or, les photos du satellite Essa 2 confirment l'origine de l'air chaud qui correspond bien à une avancée d'une langue d'air venue du continent africain. De fait, deux bandes nuageuses l'une sur le Maroc Oriental, l'autre sur le littoral marocain atlantique convergent vers la Péninsule Ibérique où s'étend une masse nuageuse dense de forme globulaire qui résulte du refroidissement brutal de l'air chaud au contact de la goutte froide.



Mais, le corps nuageux s'épaissit et de fortes précipitations orageuses en atmosphère chaude se produisent lorsque l'air froid fait irruption en altitude.

Les effets régionaux de ce type de perturbation

Toutefois, les averses se déclenchent dans le courant de l'après-midi et principalement dans l'intérieur de la Galice sous l'influence de la convection. L'augmentation de la température au contact du sol dans le milieu de la journée, contribue en effet à accroître le gradient thermique vertical. Justement, les pluies éclatent dans les endroits où la température maximale tend à s'approcher de la température de convection calculée à partir du radiosondage du 7 juin :  $T_c = 25-26^\circ$ . Ainsi, il ne pleut guère à La Corogne, où la température maximale ne dépasse pas  $22^\circ$  bien qu'elle soit relativement élevée pour une journée de forte nébulosité.

En revanche, les précipitations sont abondantes et les phénomènes orageux violents dans l'intérieur : Santiago-Labacolla avec un maximum thermique de  $26^\circ$ , reçoit l'après-midi 30 mm en quelques heures.

Les régions cantabriques de leur côté, échappent à l'action directe de cette perturbation du front des alizés. La goutte froide s'atténue en arrivant sur le golfe de Gascogne et l'air chaud continue à glisser lentement au-dessus d'un air froid antérieur conservé à l'abri des Cantabriques. Aussi à Gijón, les températures se maintiennent-elles au niveau des normales et une couche de stratus fournit de très faibles pluies dans la nuit du 8 juin.

C'est dans le Pays Basque seulement que l'air chaud débouche après avoir été canalisé par la vallée de l'Ebre et après avoir franchi la passe comprise entre les Pyrénées et les

Asturies Orientales. Dès lors le régime thermique de S. Sébastien enregistre très nettement l'action de cette poussée de chaleur tandis que sous l'effet des mouvements descendants, le voile nuageux se déchire et le soleil brille pendant une partie de la journée, contrairement à ce qui se passe dans les autres régions.

IIb -LES TYPES DE TEMPS CYCLONIQUES A AMBIANCE FROIDE PREDOMINANTE AU  
-----  
PRINTEMPS - LES CAUSES FONDAMENTALES DU MAXIMUM PLUVIOMETRIQUE  
-----  
SECONDAIRE DES REGIONS VASCOCANTABRIQUES.  
-----

Beaucoup plus que l'augmentation relative des intensités des précipitations journalières provoquées par les perturbations d'O éloignées ou des perturbations orageuses, ce sont surtout les fortes pluies des systèmes cycloniques responsables de temps froids qui expliquent le maximum pluviométrique secondaire d'avril-mai, dans les régions vascocantabriques. Comme pendant les saisons extrêmes, les jours très pluvieux dans ces régions sont caractérisés par des ambiances froides, dues à des advections directes de masses d'air polaires et arctiques.

Mais les perturbations qui suivent des trajectoires à composante N, ne sont pas les seuls responsables de ces types de temps froids très pluvieux des régions orientales du domaine océanique. La convergence sur la Péninsule Ibérique des vallées planétaires de grande amplitude, accroît bien le nombre des perturbations de NO, N, NE, mais également celles de SO à travers la Péninsule ou sur la façade méditerranéenne de l'Espagne.

Or, ces dernières provoquent des irrutions de masses d'air très froides instables qui sont surtout très actives dans le fond du golfe de Gascogne.

- A) LES PLUIES FROIDES DE REGIMES PERTURBES DE SO AU PRINTEMPS

-----  
La forte activité de ces perturbations dans les régions  
-----  
Vascocantabriques.  
-----

Pendant la saison printanière, ces perturbations de SO qui se développent sur la Péninsule, dans les bordures orientales des puissantes coulées polaires issues du Groenland oriental ou de la Scandinavie, ont des effets pluviométriques plus importants qu'en hiver et annoncent le rôle climatique qu'elles jouent en été. Les baisses de température qu'elles entraînent s'accompagnent de pluies journalières qui atteignent des intensités élevées, principalement dans les Asturies et le Pays Basque, comme l'indique l'étude des fréquences des intensités pluviométriques.

| TYPES DE TEMPS PERTURBES DE SO FROIDS . INTENSITE DES |                                   |      |     |    |     |     |     |  |
|-------------------------------------------------------|-----------------------------------|------|-----|----|-----|-----|-----|--|
| PRECIPITATIONS JOURNALIERES - Avril-Mai 1946-1965     |                                   |      |     |    |     |     |     |  |
|                                                       | en % du nombre de jours perturbés |      |     |    |     |     |     |  |
|                                                       | froids de SO                      |      |     |    |     |     |     |  |
|                                                       | 0                                 | inf. | 3mm | 6≤ | 12≤ | 24≤ | 50≤ |  |
| PORTO                                                 | 30                                | 30   | 15  | 16 | 9   |     |     |  |
| LA COROGNE                                            | 41                                | 30   | 16  | 7  | 6   |     |     |  |
| S. SEBASTIEN                                          | 18                                | 23   | 13  | 14 | 18  | 12  | 1   |  |



Ainsi, les pluies journalières froides de SO, qui atteignent ou dépassent 6 mm représentent à S. Sébastien, 46 % des jours affectés par ce type de perturbation, 13 à 14 % seulement à La Corogne et à Porto.

En dehors des courants dépressionnaires traversant directement la Péninsule, ces perturbations sont également liées à des systèmes cycloniques stabilisés au NO de l'Espagne. Sur leur bordure orientale se développent des noyaux de baisse barométrique, des vortex secondaires qui n'en sont pas moins très actifs.

1°) Une dépression secondaire de SO à travers la Péninsule.

Ex : 18-19 avril 1964 - Mauvais temps froid pluvieux généralisé.

Dès le 16 avril 1964, une puissante coulée polaire après s'être développée de l'Islande à Madère, se déplace lentement en direction de la Péninsule Ibérique. Dans l'axe de la vallée planétaire, très étirée vers le sud, une colonne cyclonique d'air très froid ( $-35^{\circ}$  à 500 mb, le 16 avril à 00 h TU) finit par se stabiliser au S de l'Irlande. Pendant deux jours, le 16 et 17 avril, la Galice et le Minho connaissent un temps froid et pluvieux. Placées dans le secteur oriental de la coulée polaire, ces régions reçoivent un flux perturbé de SO, caractérisé par une série de fronts froids qui annoncent l'invasion de masses d'air polaire maritime de retour de plus en plus froides. Tandis que dans les régions vascocantabriques plus abritées, à la limite de la vallée froide et de la crête anti-cyclonique règne un temps plus doux, accompagné de fortes pluies localisées dans le Pays Basque uniquement (Fig. 110 a).

Mais à partir du 18, une nouvelle phase de temps pluvieux et froid de SO se propage des régions occidentales aux Asturies. D'abord des pluies plus importantes que celles de la veille, s'abattent dans le Minho et dans la plupart des régions méridionales et intérieures de la Galice. Presque tou-

tes les stations enregistrent les records pluviométriques du mois : Porto 19 mm, Braga 22 mm, 34 à Vigo, 17 à Orense et 41 mm à Santiago. Partout ces pluies sont accompagnées d'une baisse sensible de la température maximale qui descend nettement au-dessous de la normale et atteint même la valeur la plus basse à Porto. Aussi à plus de 1000 m d'altitude, un véritable temps froid et humide d'hiver règne-t-il sur les hauteurs du Minho (Serra de Gerez) ou de la province d'Orense (Sierras de S. Mamed et de Queija) où les averses de pluie alternent avec des bourrasques de neige.

Alors que l'épisode pluvieux se prolonge dans ces régions, les pluies froides tombent avec intensité dans les Asturies Occidentales au cours de la journée (cf. Gijón fig 110 ) puis gagnent le Pays Basque. Cette fois, l'effet d'abri ne joue pas, bien que l'écoulement de la masse d'air continue à s'effectuer du SO au NE sur le versant oriental de la vallée planétaire stable. En réalité, le fond du golfe de Gascogne est atteint par une perturbation secondaire en voie d'occlusion. Celle-ci s'est développée à l'extrémité même de la vallée au S de la dépression Islandaise en voie de comblement. La convergence d'une nouvelle poussée froide et d'une advection d'air chaud, venue du NO, a provoqué le creusement de cette nouvelle dépression face au Portugal. Colonne froide tourbillonnaire rendue active, elle est alors emportée par le courant de SO, balayant progressivement le domaine océanique avant de déboucher sur le Pays Basque (cf. la trajectoire de la baisse de pression).

Car, les fortes pluies enregistrées sur le versant N Cantabrique sont liées à l'irruption du système nuageux disposé en spirale. En fait, ce front occlus est encore très actif, car l'air chaud maritime, vivement refoulé en altitude (radiosondage de La Corogne) fournit des précipitations abondantes.

Les photos de satellite nous apportent des documents indiscutables sur le passage de ces systèmes nuageux enroulés qui sont responsables de pluies intenses malgré leur trajectoire S-N au-dessus du Pays Basque.

2°) Perturbation de S sur l'E de la Péninsule - Son interférence avec une "goutte froide" sur le golfe de Gascogne : 9-11 juin 1966. Les pluies diluviennes dans le Pays Basque.

La fin de la première décade de juin 1966 est caractérisée par un temps froid et très pluvieux dans tout le domaine océanique. Mais c'est particulièrement le Pays Basque qui reçoit des précipitations d'une exceptionnelle intensité : dans la seule nuit du 10 juin, Igueldo enregistre 71 mm en 12 heures, et au total pendant les 24 heures consécutives 107 mm ! Cette fois encore, ces pluies abondantes sont associées à une baisse sensible de la température et partout, de la Galice au Pays Basque, les maximums thermiques sont nettement inférieurs aux normales. Pourtant tout le long du littoral vascocantabrique, le vent tourne de l'O-NO le 9, au S-SO le 11 juin. De plus l'évolution de ce temps est associé au déplacement vers le N, à travers le Pays Basque, d'un corps nuageux qui s'enroule rapidement en spirale, suivant une évolution que l'on peut suivre sur les photos de satellite.

Le 9 juin, une puissante coulée polaire s'étend du N du Groenland à la façade Ibérique tandis qu'une crête anticyclonique se stabilise sur l'Europe Centrale. Ainsi le 9 sont remplies les conditions du développement d'une circulation de SO sur la façade occidentale de l'Europe. De fait, les radiosondages (La Corogne - Madrid - San Bonet aux Baléares) soulignent l'existence d'un flux généralisé de SO au-dessus de l'Espagne. Là, une avancée secondaire de l'expulsion polaire entre en conflit avec l'air chaud humide méditerranéen pour donner naissance à une perturbation (fig.111) qui provoque des



pluies orageuses sur la Meseta, le bassin de l'Ebre et le Pays Basque . Or simultanément, un autre corps nuageux se développe dans l'axe de la vallée froide et se termine vers le S de la Péninsule, par un renflement qui est nettement séparé par la première perturbation orageuse. En réalité, ce renflement semble correspondre à la goutte froide qui commence à se détacher au-dessus de la Galice et qui va venir se stabiliser sur le golfe de Gascogne.

Le lendemain 10, les deux systèmes nuageux sont confondus sur le N de l'Espagne et le golfe de Gascogne, et la disposition des nuages suggère l'existence d'un tourbillon cyclonique au-dessus de ces régions. D'ailleurs, l'enroulement du système nuageux s'accroît rapidement ! le 11, la spirale nuageuse s'est déplacée vers le N, laissant cependant une nappe épaisse de Sc sur tout le N de la Péninsule. Aussi, l'intensité de cet épisode pluvieux est-il le résultat de l'interférence de deux systèmes perturbés, l'un venu du SO l'autre du N. La convergence des deux "vortex" a en effet pour conséquence de mettre en contact deux masses d'air fortement contrastées, une masse d'air froid très instable (radiosondage La Corogne du 9 juin, fig.110b) et une masse d'air chaud et humide d'origine méditerranéenne. Cette dernière semble bien être à l'origine du renforcement de ce corps nuageux en spirale du système cyclonique qui évolue sur le golfe de Gascogne. De fait, l'air chaud dont l'advection à partir du N-NO se dessine au-dessus de la Galice pendant la nuit du 11, possède aux niveaux isobariques moyens et supérieurs des caractéristiques qui rappellent ceux de l'atmosphère au-dessus des Baléares, selon les indications fournies par les radiosondages de la station de San Bonet la veille (10 juin à 0h)<sup>(9)</sup>.

---

(9) à 700 mb,  $\theta'_w = 16^\circ$  à La Corogne de 11 à 0 h et le 11 à 12 h comme à San Bonet le 10 à 0h - et à 500 mb  $\theta'_w$  est du même ordre de grandeur ( $18^\circ$ ) dans les trois radiosondages,  $\theta'_w$  ne pouvant être calculé à ce niveau isobarique pour S. Bonet, en absence d'une connaissance de l'humidité de l'air.

Cette intervention de l'air issu de bassin méditerranéen rapproche cette situation de celle des perturbations orageuses de S SE, mais elle en diffère fortement en ce sens, que cet air chaud est refoulé brutalement en altitude par une puissante coulée polaire. Il y a donc dans ce cas, absence de coup de chaleur et par contre, déroulement d'un type de temps perturbé de S très pluvieux et froid qui affecte les régions basques. Car principalement pour ces régions océaniques, cette évolution originale se rattache au type de temps perturbé de NO.

- B) Les TYPES DE TEMPS CYCLONIQUES DE NO AU PRINTEMPS.

-----

De fait comme pendant la saison froide, les types de temps pluvieux et frais de NO sont liés à deux grandes classes de situations synoptiques liées à des formes de circulation méridienne lente, avec installation du versant occidental d'une vallée planétaire étirée vers le Sud :

- cyclones mobiles abordant le N de l'Espagne, après avoir suivi des trajectoires NO-SE.

- dépressions stabilisées sur le N de la Péninsule Ibérique, après isolement d'une colonne froide et provoquant une advection d'air froid instable.

Bien sûr dans le détail, en fonction de l'impact de la trajectoire du courant perturbé ou de la position exacte de la dépression, les faciès régionaux peuvent fortement varier et les fortes pluies se produire tantôt dans les régions occidentales du domaine océanique, tantôt dans les régions vascocantabriques. Toutefois, ce sont ces dernières régions qui reçoivent fréquemment les précipitations les plus intenses avec ces régimes perturbés de NO. La probabilité d'avoir de fortes précipitations journalières égales ou supérieures à 6 mm,

est bien un peu plus faible qu'en hiver à S. Sébastien-Igueldo : (fréquence de ces pluies 61 % des cas de types de temps perturbés de NO en avril-mai, au lieu de 71 % en déc.-janvier), mais cette proportion est encore<sup>de</sup> très loin supérieure à celles de pluies fortes à La Corogne et à Porto.

| INTENSITES PLUVIOMETRIQUES JOURNALIERES EN RAPPORT AVEC<br>situations RESPONSABLES DE MAUVAIS TEMPS PERTURBES DE NO-<br>Avril-Mai 1946-65 |                                                   |    |    |     |     |     |       |  |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|----|----|-----|-----|-----|-------|--|--|
|                                                                                                                                           | en % du nombre total des jours perturbés<br>de NO |    |    |     |     |     |       |  |  |
|                                                                                                                                           | 0                                                 | <3 | <6 | <12 | <24 | <50 | P≥6mm |  |  |
| S. SEBASTIEN                                                                                                                              | 8                                                 | 10 | 20 | 24  | 28  | 10  | 62    |  |  |
| LA COROGNE                                                                                                                                | 9                                                 | 30 | 19 | 28  | 10  | 4   | 42    |  |  |
| PORTO                                                                                                                                     | 21                                                | 24 | 24 | 12  | 14  | 5   | 31    |  |  |

1°) Courant perturbé de NO aboutissant à La Galice - Temps  
très pluvieux dans la Galice et le Minho - 29 mai 1961.

Après le creusement d'une vallée froide et l'apparition d'un courant jet nord-sud entre l'Islande et l'Irlande, les 27 et 28 mai 1961<sup>(10)</sup>, une série de colonnes dépressionnaires issues du Groënland se dirigeant rapidement vers l'Europe Occidentale. L'une d'elles donne naissance à une dépression fortement creusée (995 mb) qui se déplace, du 29 au 30 mai de l'O, de l'Irlande à la Galice. Elle dirige un système perturbé de NO, constitué par deux ondulations rapprochées d'un front séparant l'air Pm chaud de l'air Pm froid. Les deux pointes du secteur chaud passent exactement par le sud de la Galice et le Minho, en suivant une direction perpendiculaire à celle des vents dominants de SO. Aussi, l'air chaud

(10) A. LINES ESCARDO ( 390 ) p. 202.n° 82.



est-il rapidement soulevé par l'air froid très instable, comme le montrent les radiosondages de la station de la Corogne (fig.112 ).

a) Les fortes pluies froides du Minho et de la Galice

Dès lors, les formations nuageuses de Cu bourgeonnants et de Cb provoquent d'abondantes précipitations qui atteignent des intensités journalières élevées dans certaines stations des Rías Bajas ou du Minho. Pendant la journée du 30 qui marque l'arrivée du centre de la dépression et le passage de la pointe du secteur chaud, La Corogne reçoit 17 mm, mais les pluviomètres recueillent 48 mm à Vigo, 36 à Porto. Parfois, des pluies diluviennes s'abattent dans des régions intérieures basses, situées au pied de massifs exposés aux vents de SO. Ainsi, Puenteáreas, dans le sud de la Galice et Ponte de Lima, dans le Minho, qui reçoivent respectivement 85 mm et 93 mm sont plus arrosées que des stations d'altitude comme Leonte et Juncêda où le pluviomètre recueille à peine 50 mm. La forte humidité de l'air chaud soulevé ne permet pas le développement de l'instabilité potentielle et le soulèvement en bloc de l'atmosphère n'accélère pas les mouvements ascendants.

En réalité, ce sont des pluies abondantes à ambiance froide, car l'arrivée de cette perturbation de NO entraîne une baisse sensible de la température. Effectivement dans la Galice et le Minho, les températures maximales et minimales, enregistrées les 29 et 30 sont les plus basses de ce mois de mai 1961. A La Corogne, le thermomètre ne dépasse pas 13° le 29, alors que les maximums thermiques sont restés constamment supérieurs à 17° entre le 1er et le 27 mai. De même, le refroidissement semble être très accusé dans le Minho puisqu'à la station de Porto, le maximum thermique passe de 21°5 le 28 à 14°3 le 30 !

b) Les régions vascocantabriques échappent aux effets de cette perturbation de NO relativement éloignée.

De fait, les Cantabriques et le Pays Basque restent dans le secteur oriental de la colonne froide où domine un flux de S-SO. La retombée septentrionale de ces régions sont alors en position d'abri ; l'affaissement des masses d'air d'une élévation de la température et d'une disposition des nuages d'instabilité. Surtout le temps devient beaucoup plus doux avec l'advection de l'air polaire maritime chaud qui entretient des températures égales ou supérieures aux normales (cf. Santander et S. Sébastien). Cependant, l'arrivée rapide de l'air froid en altitude à la limite orientale de la colonne froide, ne permet pas l'apparition du foehn ; les formations nuageuses stratiformes couvrent encore en grande partie le ciel bien qu'elles fournissent de faibles pluies.

Mais, les conditions évoluent rapidement lorsque la dépression après s'être déviée vers le NE s'installe brutalement dans le fond du golfe de Gascogne, provoquant l'irruption d'un puissant flux de NO sur tout le domaine océanique.

2°) La dépression sur le golfe de Gascogne. Les fortes pluies froides sur les régions vascocantabriques - 31 mai 2 juin 1961.

Du fait du déplacement vers l'E de l'axe de la colonne froide, l'air froid instable de N-NO vient frapper directement à l'axe montagneux. Par suite, les faciès régionaux du temps sont une nouvelle fois inversés. Un mouvement divergent s'amorce dans l'air froid qui est dévié par la masse du massif galicien, en direction de l'E et du SO. Dès lors vers le S, les mouvements ascendants s'atténuent rapidement et les nuages d'instabilité Cb font place à des formations moins épaisses Fs - St qui tendent à se disloquer. Ainsi, si la

Galice reste dans la "grisaille" le 31 mai et 1er juin, le temps s'éclaircit-il avec l'installation définitive des vents de NO dans le Minho.

Mais, alors que dans cette région le temps plus doux s'affirme avec l'installation progressive de l'anticyclone maritime, alimenté par l'expulsion polaire, le mauvais temps de NO se poursuit dans les régions vascocantabriques. Car depuis le 31 mai, depuis que le flux de NO a envahi le golfe de Gascogne, un temps froid et très pluvieux règne des Asturies au Pays Basque comme le montre l'analyse des rythmes diurnes des éléments climatiques de quelques stations (fig.112 ).

Bien sûr, l'air froid humide expulsé entretient d'abondantes formations nuageuses au cours de son mouvement ascendant sur le versant septentrional du massif montagneux. Toutefois, on peut se demander dans quelle mesure les fortes pluies enregistrées dans les Asturies et la région de Santander n'ont pas été activées par l'extrémité du front occlus de la dépression en voie de dégénérescence. Ce front qui est repéré le 31 au soir sur la Bretagne et le golfe de Gascogne, doit en réalité se prolonger vers le S en direction de l'Espagne, tout en s'enroulant autour du centre de la dépression. De fait, le radiosondage à La Corogne, le 31 mai, indique l'advection par le N-NO dans la moyenne troposphère d'un air plus chaud. Par suite, la "spirale" nuageuse, entraînée par la circulation du secteur postérieur de la colonne dépressionnaire, vient buter sur le front montagneux alors que déjà l'air froid en voie de soulèvement devient instable.

Quoi qu'il en soit les effets de cette situation dépressionnaire sont identiques à ceux provoqués par les dépressions de NO traversant en diagonale le golfe de Gascogne avant d'atteindre le Bassin d'Aquitaine et les régions basques.



3°) Courant perturbé de NO par le golfe de Gascogne - Ex. 26-27 avril 1956. Les pluies froides d'une traîne instable.

Du 25 au 27 avril 1956, une dépression se déplace de l'Islande au golfe du Lion en longeant la côte atlantique française (fig. 113 ). Elle est située à la base d'un tourbillon dépressionnaire qui suit rapidement une trajectoire méridienne, avec déviation sur la gauche, de l'Islande au N de l'Espagne. Cette colonne cyclonique froide se déplace comme une toupie avec son axe d'abord incliné vers l'ouest, puis vers le NO, de sorte que son centre dans la moyenne troposphère passe au-dessus de la Galice septentrionale et des Asturies.

- Les données générales du temps.

Toutes les conditions sont remplies pour provoquer l'instabilité de l'atmosphère et entraîner de violents mouvements ascendants, susceptibles de fournir de fortes averses. D'une part, le tourbillon relatif de la colonne froide augmente rapidement vers le sud comme l'indique sa déviation vers l'est, ce qui a pour conséquence un accroissement du mouvement cyclonique, d'autre part, le mouvement tourbillonnaire plus rapide en altitude aboutit à la concentration d'un air très froid, - 30° à 500 mb dont la présence accentue le taux de décroissance de la température selon la verticale. Aussi, la masse d'air Pmk qui envahit le N de l'Espagne à partir du 26 avril au matin, présente-t-elle des conditions de forte instabilité : gradients verticaux élevés de la température et de l'humidité, selon les données fournies par le radiosondage du point K. le 26 avril à 02 h, lors du passage de la goutte froide.

Cette masse d'air Pmk qui envahit le domaine océanique dès le 26 au matin, imprime ces caractères essentiels au mauvais temps généralisé. Car, les pluies froides se pro-

duisent principalement sous forme d'averses violentes, après le passage du front occlus qui correspond à un stade avancé de l'évolution de cette perturbation de NO. De fait, ce front occlus à caractère de front froid dont le corps nuageux de Ns traverse dans la nuit du 26 le N de la Péninsule Ibérique, est responsable seulement de pluies modérées : Santander reçoit à peine 1 mm, La Corogne 3 mm entre 18 h et 1 h, Porto 2,5 mm entre 0 h et 9 h. En revanche, les précipitations froides redoublent d'intensité longtemps après le passage du front froid ; les averses provoquées par les cumulus bourgeonnants et cumulonimbus fournissent des totaux pluviométriques plus importants : 6,5 mm à La Corogne entre 7 et 13 h, le 26, 22 mm à Santander de 1 à 7 h le 27.

Car, la vague de fortes pluies qui correspond peut-être à une discontinuité interne secondaire, se déplace et s'amplifie progressivement de l'O à l'E comme le souligne la carte des pluies enregistrées durant ces deux jours dans les régions océaniques (fig. 113).

#### Les aspects régionaux du mauvais temps de NO.

Le temps pluvieux et froid est plus précoce dans la Galice et le Minho. Dès le 26, les températures baissent sensiblement et sont très nettement inférieures aux normales du mois : 12° à La Corogne et Vigo, tandis que les plus fortes pluies se produisent dans la matinée. Toutefois les totaux recueillis en 24 h sont loin d'être exceptionnels et restent partout dans les régions littorales et sublittorales inférieurs à 20 mm.

En revanche, dans les Asturies orientales et le Pays Basque la chute de température n'est vraiment sensible que le 27 : 10° à Santander, au lieu de 13 la veille. D'autre part, les pluies intenses s'abattent surtout dans la nuit

et la matinée du 27, fournissant cette fois en 24 heures consécutives, des totaux nettement supérieurs à 20 mm. Les nuages d'instabilité s'accrochent plus longtemps aux massifs occidentaux et centraux où les fortes pluies s'étalent sur les deux jours, produisant ainsi des lames d'eau remarquables.

Principalement sur ces massifs montagneux, le taux élevé de décroissance verticale de la température explique l'apparition de la neige sur les hauteurs supérieures à 800 m. Il neige, non seulement sur les montagnes Cantabriques (Sotres, Leitariegos), sur les hauts massifs Galiciens (Fonsagrada, Alto de Rodicio), mais également sur les hautes Serras du Minho. Là encore à 1000 m, il gèle la nuit, puisque les températures minimales à Montalegre voisinent les 0°.

Ces dernières offensives de l'hiver sont souvent nettement plus marquées avec les types perturbés de N à E.

#### - C) LES TYPES DE TEMPS CYCLONIQUES FROIDS LE N

-----

Les contrastes régionaux semblent s'accroître avec les perturbations qui suivent les trajectoires III N, des Îles Britanniques aux régions méditerranéennes. Ces perturbations de N sont, en Galice et dans le Minho, moins actives que les perturbations de NO, alors que dans les régions vascocantabriques elles continuent à alimenter des pluies journalières abondantes. Bien plus, les contrastes pluviométriques semblent s'accroître au printemps.

De fait, la proportion des fortes précipitations égales ou supérieures à 6 mm liées à ce genre de perturbations augmente à S. Sébastien, mais diminue à La Corogne et à Porto, de l'hiver au printemps. De la comparaison des données du



bimestre Déc-Jv et de celles d'Avril-Mai (période 1946-1965), il ressort que la fréquence relative de ces pluies passe de 73 à 80 % à S. Sébastien, de 35 à 13 % à La Corogne, de 21 à 7 % à Porto. Ainsi, les perturbations de N jouent un rôle relativement plus important au printemps dans les régimes pluviométriques des régions vascocantabriques.

| INTENSITES JOURNALIERES DES PLUIES PROVOQUEES PAR LES<br>PERTURBATIONS DE N            AVRIL-MAI (1946-1965) |                                          |      |      |       |       |       |   |  |  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|------|------|-------|-------|-------|---|--|--|
|                                                                                                              | : en % du nombre de jours perturbés de N |      |      |       |       |       |   |  |  |
|                                                                                                              | 0                                        | <3 ≤ | <6 ≤ | <12 ≤ | <24 ≤ | <50 ≤ |   |  |  |
| S. SEBASTIEN-<br>IGUELDO                                                                                     | 3                                        | 4    | 13   | 29    | 32    | 16    | 3 |  |  |
| LA COROGNE                                                                                                   | 19                                       | 52   | 16   | 7     | 6     |       |   |  |  |
| PORTO                                                                                                        | 59                                       | 18   | 16   | 7     |       |       |   |  |  |

Les oppositions régionales sont fortement soulignées lorsque le courant perturbé traverse directement la Péninsule Ibérique ou débouche sur la Méditerranée.

1°) Courant perturbé de N sur le golfe de Gascogne et la Péninsule Ibérique - 28-29 avril 1956.

A partir du 28 avril 1956, une série de fronts se déplaçant de l'Irlande au Maroc, fait suite au courant perturbé de NO étudié précédemment ; un premier front froid secondaire traversant la Péninsule dans la nuit du 27, et la seconde discontinuité est un front occlus qui évolue à la limite d'une dépression centrée sur l'Allemagne et d'une vaste zone anticyclonique stagnant sur l'Océan. En réalité, ce front occlus représente une perturbation évoluée, dirigée par un puissant courant de N qui apparaît sur le bord occidental

d'une coulée polaire scandinave atteignant les Canaries. En fonction de ces conditions dynamiques, deux masses d'air d'origine polaire froide, séparées par cette surface de discontinuité, envahissent le domaine océanique pendant les journées des 28 et 29 avril (Fig. 114 ).

L'atmosphère y est très froide et humide. Les températures enregistrées durant ces deux journées sont plus basses que celles des jours précédents quand régnait le temps perturbé de NO, sauf dans le Minho où s'amorce plus rapidement un léger réchauffement. Car avec ce type de perturbation les variations régionales sont encore plus accentuées.

a) C'est d'abord un temps froid, rigoureux et assez pluvieux qui règne sur la Galice septentrionale.

La température maximale descend à  $10^{\circ}$  à La Corogne le 28, et ce jour-là les records du froid pour le printemps 1956 sont atteints dans l'intérieur de la Galice où le thermomètre, à Santiago oscille entre  $4$  et  $8^{\circ}$  seulement !

Ce froid est accompagné d'averses violentes, de bourrasques de neige sur les hauteurs. Les précipitations se produisent surtout dans la matinée du 28, au passage du front occlus, le long duquel se sont développés des nuages d'instabilité (Cb) ; à La Corogne le pluviomètre recueille entre 7 et 13 h, 5,2 mm sur les 7,6 enregistrés pendant toute la journée du 28.

Les pluies continuent bien à tomber alors que le front atteint déjà le S de l'Espagne, mais cette fois les averses postfrontales sont moins nombreuses et moins intenses que celles analysées avec le type de temps perturbé de NO du 26 avril 1956. C'est que l'air Pmk postérieur est beaucoup moins instable le 29 ; dans les basses couches, des conditions d'instabilité conditionnelle ne sont pas atteintes et déjà, dans la moyenne troposphère une crête d'air chaud commence à s'avancer en di-

rection de la Péninsule Ibérique. Elle vient ainsi ajouter les effets de la subsidence dynamique, aux mouvements descendants provoqués par l'étalement de l'air froid en direction de Madère et de l'A.F.N.

Comme en hiver et en été, l'affaissement de l'air froid explique la diminution rapide des précipitations vers le S. Le 28, dès Vigo, les précipitations s'affaiblissent dans les régions littorales ; 1 mm à Vigo, 1,4 mm à Porto. Et le lendemain 29, le temps se réchauffe et s'améliore dans le Minho où avec un ciel presque complètement dégagé, les températures maximales remontent sensiblement.

b) Dans les régions Vascocantabriques le temps froid pluvieux est plus durable.

La carte de la répartition des précipitations recueillies en 24 heures consécutives durant la nuit et la journée du 29 fait bien ressortir l'effet de relief de la chaîne Pyrénéo-Cantabrique sur un tel type de courant perturbé. A l'E du Navia, l'accroissement des pluies se fait d'abord sentir sur les régions élevées au-dessus de 500 m ; mais à partir du Cabo de Peñas et de Gijón, les pluies deviennent également plus intenses sur les régions littorales dominées directement par des massifs élevés.

Car dans toutes ces régions Vascocantabriques, les averses les plus fortes se produisent principalement après l'éloignement du front occlus, lorsque celui-ci a déjà atteint la Méditerranée et le S de l'Espagne.

De fait, Santander reçoit 27,5 mm en 12 heures dans la seule nuit du 29, tandis que s'amorce une dorsale barométrique avec l'installation de l'air polaire maritime froid postérieur. Mais contrairement à ce qui se passe sur la façade occidentale, ce dernier est beaucoup plus instable dans le fond du golfe de Gascogne. Ici, la présence prolongée du versant



occidental de la vallée planétaire explique l'advection en altitude d'un air froid et très peu chargé de vapeur d'eau, comme le confirme le radiosondage de Bordeaux (29 avril 2 h). Les conditions d'instabilité potentielle sont dès lors remplies et la simulation d'un soulèvement en bloc de 1000 m de l'atmosphère de Bordeaux, aboutit à une courbe d'état théorique qui indique l'existence d'une instabilité absolue dans la moyenne troposphère.

La forte nébulosité contribue en outre à accentuer la baisse de température, liée d'abord à l'advection froide. Ainsi dans les régions basses littorales, les maximums thermiques les plus bas, du mois d'avril 1956 sont atteints au cours de l'évolution de cette perturbation de N : 9° le 28 à Santander, à peine 8° à S. Sébastien-Igueldo le 29, c'est-à-dire des températures nettement inférieures aux normales du mois de janvier !

2°) Perturbation de N plus éloignée sur l'Europe - 18-19 mai 1965.

Les faciès régionaux des états de l'atmosphère sont encore plus contrastés lorsque la perturbation de N suit une trajectoire continentale plus éloignée des régions septentrionales de la Péninsule Ibérique. Les masses d'air instable, et les fronts actifs qui accompagnent ce genre de perturbation, continuent à faire régner un type de temps froid et très pluvieux sur les régions vascocantabriques. Mais vers l'O, ces caractères s'atténuent, les pluies diminuent sensiblement en Galice septentrionale, et vers le S, en direction du Minho, un ciel complètement dégagé permet aux températures maximales de se maintenir malgré l'irruption de l'air froid qui provoque cependant une baisse instable du minimum thermique (Fig.115)

Les rythmes diurnes des différentes stations du domaine océanique des 18 et 19 mai 1965 illustrent bien les effets

atmosphériques d'une perturbation de N se dirigeant de la Mer du Nord au golfe de Gênes (fig. 115 ). Elle succède à une perturbation d'O éloignée dont le front froid a traversé la Péninsule Ibérique pendant la journée du 17. A l'arrière de ce front le flux de N se renforce, après l'approfondissement de la vallée planétaire dont le versant occidental s'établit sur la façade atlantique de l'Europe. Ce renforcement de l'expulsion polaire entraîne l'apparition d'un noyau de baisse sur l'Europe occidentale et l'invasion du golfe de Gascogne par des masses d'air froid instable, séparées par un front qui balaie tout le N de l'Espagne dans la nuit du 19.

En réalité, les averses les plus fortes se produisent dans les régions basques avant l'arrivée de ce front. Toutefois, l'accroissement de l'intensité des précipitations au cours de la journée du 18, est bien imputable à l'établissement du flux de N lié à la perturbation sur l'Europe Occidentale. L'air polaire maritime froid<sup>(1)</sup> présente des conditions d'instabilité sélective au-dessous de 1500 m, et un très fort gradient vertical d'humidité relative dans les couches moyennes. Ces conditions d'instabilité potentielle explique dès lors les fortes pluies qui se produisent dans la journée du 18 et la nuit du 19 sur les hauteurs basques, comme l'indique le total pluviométrique de 69 mm, recueilli en 24 heures dans la station d'Articuza. De plus, le soulèvement en bloc de cette masse d'air, qui se heurte de front aux massifs montagneux, est activé par l'arrivée d'une masse d'air maritime encore plus froide, probablement arctique. Le soulèvement de cette masse d'air continue à alimenter des formations nuageuses à développement vertical, responsables des averses post-frontales qui affectent le Guipuzcoa au cours de la matinée du 19.

---

(1)  $\theta'w = 9^\circ$ ,  $2 = 5$  gr à 850 mb, selon le radiosondage de La Corogne du 18 Mai, 0 h.

Or pendant ce temps, la divergence et l'affaissement des masses d'air au-dessus de la Galice et du Minho expliquent le changement spectaculaire du temps. L'extrémité du front froid de la perturbation de N éffleure à peine ces régions et est inactif. De plus, cette inactivité est renforcée par l'advection en altitude d'une ondulation anticyclonique qui provoque dans la nuit du 19 l'apparition d'une inversion de température entre 2000 et 3000 m d'après les données du radiosondage à La Corogne.

En fait, ce renforcement de la bordure de l'anticyclone maritime est de courte durée, car le déplacement rapide de cette ondulation vers le SE est le signe annonciateur d'une perturbation de NO qui prolongera le mauvais temps pluvieux dans le fond du golfe de Gascogne, seulement au cours de la nuit du 20. Au total, un type de temps froid de N qui a duré à peine 36 h et qui a surtout affecté les régions vascocantabriques.

- D) LES TYPES DE TEMPS FROIDS PERTURBES DE NE A E - Alimentation polaire maritime froide et arctique.

Ces types de temps sont souvent responsables des froids tardifs. Comme en hiver, ils sont associés à ces coulées froides polaires qui viennent de Scandinavie pour se diriger vers le SO de l'Europe en suivant des trajectoires NE-SO, ou franchement EO c'est-à-dire selon des directions opposées à celle de la circulation générale dans les latitudes moyennes. Or, nous savons que ces coulées polaires se développent lors des phases de circulation méridienne plus fréquentes au printemps. Ainsi, pendant cette saison et principalement en avril, des colonnes cycloniques tendent à se détacher des vallées froides et à converger vers la Péninsule Ibérique, en direction



du SO ou de l'O. Mais également, les colonnes cycloniques isolées donnent naissance sur la Péninsule et le Bassin Occidental Méditerranéen à des dépressions stables qui dirigent un flux perturbé d'E et de NE. Ces "retours d'Est" sont bien souvent à l'origine des froids printaniers les plus accusés.

1°) Perturbation de NE à travers le golfe de Gascogne

Ex. 5 et 6 avril 1963. Rigueur hivernale et neige sur les hauteurs septentrionales de l'Espagne.

La cellule froide cyclonique, centrée sur la Mer du Nord le 4 avril 1963, se dirige vers le S-SO en direction du Bassin d'Aquitaine et du fond du golfe de Gascogne. Après avoir atteint ces régions le 5, elle dévie brutalement vers l'est pour déboucher sur le golfe du Lion (fig.116a). Entravé dans son déplacement vers le Sud par la chaîne Pyrénéo-Cantabrique, l'air froid augmente d'épaisseur, ce qui entraîne un accroissement du tourbillon relatif et par voie de conséquence une accélération de la déviation de son mouvement vers la gauche.

Les conditions générales du temps.

Mais auparavant, cette goutte froide a provoqué l'évolution rapide d'un noyau de baisse qui traverse la France et le golfe de Gascogne d'E en O. C'est uniquement, l'irruption de l'air froid d'origine arctique dans le N de la Péninsule Ibérique qui est à l'origine du mauvais temps froid qui règne les 5 et 6 avril, car l'ondulation frontale qui se développe sur l'Europe Centrale, à la suite d'une poussée d'air chaud (Pm w et Med) dans la goutte froide, n'atteint pas les régions vasco-cantabriques.

De fait, tout le domaine océanique resté dans le secteur occidentale de la dépression est envahi par des masses d'air de plus en plus froid. Ainsi le 6, de l'air arctique

maritime s'établit définitivement sur le N de la Péninsule : un air très froid ( $\theta_w = 2^\circ$  à 850 mb)<sup>(2)</sup>, à fort gradient thermique vertical dans les basses couches et de plus en plus sec avec l'altitude (cf. radiosondage de La Corogne fig 116a ). Dès lors, cet air qui présente de fortes conditions d'instabilité relative et d'instabilité potentielle, provoque après soulèvement, d'abondantes précipitations neigeuses sur la barrière montagneuse de la bordure septentrionale de l'Espagne.

#### Les variations régionales du temps.

Sur tout le N de l'Espagne, du Pays Basque à la Galice septentrionale sévit un temps très froid et pluvieux. Partout, les températures enregistrées durant ces deux jours sont les plus basses du mois ; surtout les minimums thermiques sont de très loin inférieurs aux normales des températures minimales de janvier et de février. Dans les stations littorales, les minimums varient entre  $2^\circ$  et  $3^\circ$  seulement et les maximums descendent à  $7^\circ 1$  à S. Sébastien, à  $9^\circ 5$  à Santander et La Corogne. Bien sûr, il gèle dans les régions intérieures plus élevées ou dans les dépressions isolées : -  $0,4$  à Santiago-Labacolla, -  $2^\circ$  dans le Bassin de Lugo.

Cependant les précipitations, cette fois encore, diminuent de l'E vers l'O, les pluies les plus fortes recueillies en 24 heures consécutives dépassent 27 mm à S. Sébastien, 10 mm à Santander, mais atteignent 2 mm à peine à La Corogne. De même, les chutes de neige qui se produisent régulièrement au-dessus de 400 à 500 m s'atténuent des hauteurs basques aux hauts plateaux de la Galice orientale ; durant ces deux jours les précipitations neigeuses fournissent plus de 47 mm à Articuza, 26 à Sotres dans les Picos de Europa, 16 mm au col de Leitiariegos et 12 mm seulement à Fonsagrada.

---

(2) cf. les caractéristiques de l'air arctique maritime, mA, dans le bassin méditerranéen, selon les météorologistes britanniques, op. cit. et supra p.362.

Cette évolution s'accroît dans le S de la Galice et le Minho où les précipitations finissent par cesser, mais où de basses températures continuent à être enregistrées. L'étalement de l'air froid arctique vers les latitudes plus méridionales, est défavorable aux mouvements ascendants. A Vigo le 6, le minimum thermique est aussi bas que celui de la Corogne mais déjà il ne plait plus. Finalement, les nuages s'estompent, le ciel s'éclaircit dans le Minho ; l'évolution du temps est telle, que la région de Porto connaît un temps frais mais très ensoleillé. A l'Institut Serra do Pilar le thermomètre repère encore les températures maximales les plus basses du mois ( $13^{\circ}7$ ) tandis que le minimum descend à  $1^{\circ}6$  pendant la nuit très froide du 6. Cependant, les 5 et 6 sont les journées les plus ensoleillées d'avril 1963 avec une insolation relative supérieure à 80 % !

La fin de ce type de temps est généralement brutale. Avec l'éloignement de la coulée froide venue de l'est, une nouvelle coulée polaire issue du Canada provoque l'irruption d'un air plus doux et plus humide qui chasse l'air arctique. Ainsi à la Corogne, le thermomètre remonte brusquement de  $7^{\circ}8$  à  $13^{\circ}1$  entre 11 et 15 h. dans la journée du 7. Dès lors, un type de temps de SO beaucoup plus pluvieux s'installe sur le NO de la Péninsule Ibérique.

2°) Le temps pluvieux et froid limité aux régions vasco-cantabriques avec une perturbation frontale d'E NE sur le flanc méridional d'un anticyclone maritime froid.

Nous savons déjà que la colonne froide qui se déplace sur la bordure orientale de la crête anticyclonique de grande amplitude, stabilisée sur la façade atlantique de l'Europe occidentale, ne se traduit pas forcément par l'apparition au niveau du sol, d'un noyau de basses pressions. Elle provoque cependant l'irruption d'une surface de discontinuité qui évolue



à la limite SE de l'anticyclone maritime froid, prolongeant l'anticyclone des Açores et étalé sur les Iles Britanniques<sup>(3)</sup>. L'activité de ce front qui débouche sur le golfe de Gascogne se dégrade rapidement vers l'O et parfois ne se fait guère sentir au-delà des Asturies Orientales, surtout lorsque la colonne froide, détachée est de taille limitée.

La dégénérescence rapide d'un front d'E-NE liée à l'irruption d'une goutte froide - 19-20 avril 1960. Des pluies froides abondantes sur le Pays Basque.

Dans la deuxième quinzaine d'avril 1960, une situation de blocking est responsable de la stabilité d'un anticyclone maritime froid sur la façade atlantique de l'Europe Occidentale. Toutefois, sur la bordure orientale de la crête chaude, de forme Omega, des cellules froides s'échappent de la Scandinavie et envahissent les régions méditerranéennes. Or, c'est justement l'advection d'une de ces "gouttes froides" au-dessus du golfe de Gascogne, puis au-dessus du Bassin de l'Ebre qui explique le temps pluvieux et froid de la nuit du 19 au 20 avril, dans les régions vascocantabriques.

Effectivement, alors que les pressions restent élevées, cet épisode pluvieux interrompt, dans les Asturies et surtout dans le Pays Basque, un temps stable peu chaud mais faiblement nuageux lié à l'anticyclone maritime bloqué. Dans la soirée du 19, S. Sébastien reçoit près de 15 mm en moins de sept heures, tandis que la température minimale diminue de 5° par rapport à celle de la veille. A Gijón, les précipitations se produisent un peu plus tard dans la nuit du 20, tandis que la baisse de température est beaucoup moins sensible (fig.117)

---

(3) cf. l'exemple de ce type de situation du 22 avril 1960, p. 937.

Ce changement de temps est lié au déplacement E-O d'un front qui a, contrairement à l'interprétation du BQE, un caractère de front froid. De fait, l'analyse des radiosondages effectués à Bordeaux souligne bien le brutal changement de masses d'air dans le fond du golfe de Gascogne (fig.116b). Au cours de la journée du 19, l'air polaire de la cellule anticyclonique ( $\theta'_w = 7,5$  à 850 mb) est brusquement remplacé par de l'air très froid dont les caractères se rapprochent de celui de l'air Pck ( $\theta'_w = 3^\circ$ ,  $\rho = 2,8$  g à 850 mb). Plus que la simple extension de l'air polaire continental stagnant sur l'Europe comme le suggère la situation au sol, cette advection froide est liée au passage sur le SO de la France et du Pays Basque, d'une étroite colonne froide cyclonique (fig.117) situation à 500 mb). Le rapprochement des isohypses et le fort gradient thermique dans les couches moyennes de l'atmosphère indiquent un tourbillon relatif élevé.

Mais, l'activité de la discontinuité est principalement en rapport avec la structure verticale de cet air très froid. Ici, ce n'est pas le gradient thermique vertical qui crée les conditions d'instabilité, comme le laisserait le supposer les très basses températures ( $- 30^\circ$ ) au centre de la colonne froide à 500 mb. Par contre, c'est la forte diminution de l'humidité qui crée les conditions d'instabilité potentielle, expliquant les fortes précipitations sur les hauteurs basques et les Asturies occidentales. La carte des pluies, recueillies en moins de 24 heures à partir du 19 au soir (fig.117) est significative à cet égard : elle met nettement en évidence le gradient pluviométrique élevé en fonction de l'altitude.

Elle souligne d'autre part, l'arrêt brutal de l'extension géographique de ce type de temps. A l'O de la vallée de l'Eo, le temps anticyclonique non pluvieux se maintient et continue à être alimenté par de l'air molaire maritime (cf. radio-

sondage de la Corogne). La Galice et le Minho échappe donc à l'action de cette perturbation de NE dont l'évolution vers l'O est arrêtée par le mouvement de subsidence anticyclonique. Ces deux dernières régions sont donc affectées, dans ce cas, par un autre type de circulation.

3°) Type de temps perturbé de N-NE froid et humide avec dépression méditerranéenne.

L'association d'un anticyclone sur la façade de l'Europe du NO et d'une dépression centrée sur l'O de la Méditerranée est également responsable au printemps, d'un type de temps froid et humide sur la Péninsule Ibérique. Les effets climatiques d'une telle situation synoptique ont déjà été soulignés par A. HUETZ DE LEMPS qui a particulièrement insisté sur les fortes pluies recueillies par les stations du Guipuzcoa<sup>(4)</sup>.

Cette fois encore, les précipitations se produisent dans le secteur occidental de la colonne froide lorsque l'air froid instable venu du N-NE vient heurter les hauteurs Pyrénéo-Cantabriques surtout après l'irruption d'une goutte froide sur le golfe de Gascogne.

Ex. 13-16 avril 1958 : dépression méditerranéenne et précipitations diluviennes sur les collines basques.

Cette situation synoptique est également responsable de contrastes géographiques très accentués. Du 13 au 16 avril 1958, une dépression centrée sur le bassin occidental de la Méditerranée s'étend à tout le domaine océanique, succédant à une perturbation de NE qui avait auparavant évolué le long de la bordure méridionale d'un anticyclone maritime froid.

---

(4) A. HUETZ DE LEMPS ( 316 ) p. 54.



En réalité, cette succession résulte du déplacement d'une grande colonne cyclonique froide qui s'est détachée sur le N de l'Europe Centrale et qui atteint le golfe de Gascogne dans la journée du 12. Or le lendemain, l'axe vertical de la colonne pivote sur lui-même dans le sens-cyclonique, et la "goutte froide" dans la moyenne troposphère se déplace à nouveau vers la Méditerranée, provoquant l'extension de la dépression du golfe de Gênes à l'ensemble de la Péninsule Ibérique<sup>(5)</sup>. Celle-ci est alors affectée par un flux généralisé de NE cyclonique qui est alimenté par de l'air Am. Mais, cette masse d'air, au cours de son déplacement, subit des transformations qui varient selon les facteurs géographiques et qui contribuent à diversifier les états de l'atmosphère régnant dans le cadre de cette situation (Fig. 118).

L'air froid arctique est d'abord plus épais dans le fond du golfe de Gascogne qu'à la limite occidentale de la dépression où il tend à s'insinuer sous une couche d'air moins froid, comme le suggère le radiosondage du 14 avril à La Corogne. Puis après un contact prolongé avec les eaux océaniques de surface, les basses couches de l'air se réchauffent et s'humidifient, développant ainsi les conditions d'instabilité potentielle. On comprend dès lors que cette masse d'air devient très instable, après un soulèvement en bloc au-dessus des hauteurs qui s'opposent à son déplacement vers le S et le SO.

C'est principalement dans le Pays Basque que ce flux arctique se heurte de plein fouet aux reliefs. L'instabilité y est d'autant plus grande que l'air froid humide est non seulement soulevé, mais encore canalisé (action de confluence). Dès lors sur les collines basques, les basses températures sont accompagnées de précipitations d'une exceptionnelle

---

(5) L'évolution de cette colonne est très proche de celle du 9 au 12 février 1956, à part que cette fois là, la "goutte froide" dans la moyenne troposphère ne semble pas avoir atteint le golfe de Gascogne, supra p. 681.

intensité. A S. Sébastien, si après le coup froid de la nuit du 13, le thermomètre remonte faiblement, les températures restent du 14 au 16 très inférieures aux normales (fig.119 ). Corrélativement, entre 14 et le 15, de fortes pluies tombent sans discontinuité, alimentant des totaux pluviométriques remarquables, recueillis en moins de quarante huit heures : plus de 90 mm à San Sébastien et certainement plus du double sur les massifs élevés, si l'ont tient compte des données fournies par la station d'Articuza.

Vers l'O, le long du littoral Cantabrique, l'intensité des précipitations diminuent sensiblement. Toutefois, les montagnes et les hauts massifs de la Galice Septentrionale continuent à recevoir en abondance des précipitations neigeuses.

Puis brusquement à partir du bassin de Lugo et de la ría de Vigo, l'affaissement et l'étalement de l'air arctique sont toujours responsables d'un temps moins pluvieux et de moins en moins froid vers le S.

Dans le nord de la Galice le temps est froid et couvert Des nuages d'instabilité, cumulus bourgeonnants et cumulonimbus, donnent des averses isolées sur les régions basses littorales et des chutes de neige plus abondantes sur les plateaux intérieurs. Partout le froid est vif. Dans les régions littorales, le thermomètre enregistre dans la nuit du 14 avril, les minimums les plus bas depuis le mois de février : 4° à La Corogne, 1° seulement au Cap Finisterre et au Cap Varès, et bien sûr dans l'intérieur, à Lugo, à Santiago, il gèle régulièrement le 13 et le 14.

Sur la Galice méridionale et plus particulièrement au-dessus des Rías Bajas, les nuages deviennent plus rares, les précipitations plus insignifiantes, et l'accroissement de l'en-

soleillement permet une remontée plus rapide de la température. Ainsi à Vigo, le thermomètre ne dépasse pas  $11^{\circ}$  le 13 avril et descend à  $3^{\circ}$  dans la nuit du 14, mais dès l'après-midi de cette même journée, la température maximale est supérieure à  $15^{\circ}$ . Ces traits s'accroissent au sud du Douro. Les nuages d'instabilité disparaissent et les cumulus qui s'amoncellent au-dessus des massifs montagneux sont incapables de provoquer des chutes de pluie. Dans ces conditions à Porto, l'insolation relative est élevée (81 à 91 %) et les températures maximales restent supérieures à  $12^{\circ}$ . Cependant, l'invasion continue de l'air arctique et le rayonnement nocturne expliquent les faibles minimums enregistrés le 13 ( $3^{\circ}2$ ) et surtout le 14 ( $0^{\circ}7$ ).

#### 4°) Conclusion sur les types de temps de NE perturbés.

Incontestablement ces systèmes cycloniques qui provoquent un flux de NE sur le domaine océanique, sont ceux qui introduisent le plus de différenciations climatiques régionales. Les perturbations liées à ces situations dégénèrent vers le SO et ne sont plus actives dans les Rías Bajas et le Minho. Bien sûr, ces dernières régions sont plus fréquemment à la limite des anticyclones océaniques stabilisés sur l'Europe Occidentale, en circulation méridienne et la diminution vers l'O de la fréquence de ce type de perturbation peut expliquer à elle seule les différences pluviométriques qui s'établissent entre d'une part les régions Vascocantabriques et d'autre part la Galice et le Minho. Ainsi, le maximum secondaire de printemps des régions Vascocantabriques trouve également son origine dans l'action répétée des perturbations de NE qui dégénèrent rapidement vers l'O et le SO. Comme pour les perturbations de N, l'intensité des pluies quotidiennes diminue très sensiblement du Pays Basque au Minho.



| INTENSITES JOURNALIERES DES PLUIES PROVOQUEES PAR LES<br>PERTURBATIONS DE NE (Avril-Mai 1946-1965) |    |    |    |     |     |     |   |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|----|----|-----|-----|-----|---|
| En % de nombre de jours perturbés de NE                                                            |    |    |    |     |     |     |   |
|                                                                                                    | 0  | <3 | <6 | <12 | <24 | <50 |   |
| S. SEBASTIEN                                                                                       | 7  | 11 | 12 | 29  | 25  | 11  | 5 |
| IGUELDO                                                                                            |    |    |    |     |     |     |   |
| LA COROGNE                                                                                         | 45 | 32 | 12 | 11  |     |     |   |
| PORTO                                                                                              | 82 | 15 | 3  | 2   |     |     |   |
|                                                                                                    |    |    |    |     |     |     |   |
|                                                                                                    |    |    |    |     |     |     |   |

En outre, l'ambiance thermique varie fortement du N au S. De même que les anticyclones maritimes de N-NE étirés en latitude, ces situations cycloniques de NE contribuent à faire augmenter rapidement vers le S les températures au début du printemps. Alors que les rythmes thermiques diurnes (fig.120) se répartissent dans des ensembles identiques pour les régions Vascocantabriques et le N de la Galice, en revanche, les rythmes de températures sont très différents dans le Minho et soulignent une forte augmentation des températures maximales corrélative à l'affaissement des masses d'air froid. Ainsi, l'action thermique de ces situations perturbées de NE, viennent s'ajouter aux effets anticycloniques maritimes de N-NE pour faire éclater le printemps plus précocement dans le Minho et les Rías Bajas.



## C H A P I T R E      I V

=====

### LES TYPES DE TEMPS EN AUTOMNE

=====

Une étude des caractères spécifiques des situations synoptiques en automne peut sembler à première vue inutile puisqu'elle représente également, dans ces régions océaniques, une période intermédiaire entre l'été et l'hiver. Mais, la succession des états de l'atmosphère en automne n'est pas une réplique de celle qui se produit au printemps.

Nous avons vu que les conditions planétaires de la circulation sont différentes. La formation relativement plus fréquente des grands méandres anticycloniques sur l'Europe continentale, place le SO de l'Europe, et le domaine océanique de la Péninsule Ibérique à la limite de deux types principaux de situation synoptique qui peuvent prédominer tour à tour suivant les années : d'une part, les dépressions isolées sur l'Atlantique et les perturbations de SO, et d'autre part, les anticyclones à sites continentaux, responsables de ces débuts d'automne secs et tièdes.

En outre, par suite de l'inertie de l'Océan, les masses d'air maritime qui déferlent sur le NO de la Péninsule Ibérique sont plus chaudes et plus chargées d'humidité que celles du printemps. Ce fait a évidemment une répercussion immédiate sur les températures qui sont généralement plus élevées en octobre, que pendant le mois de mai (cf. cartes



des températures moyennes d'octobre et de mai fig.4.5 ). Mais, il contribue également à l'accroissement de l'instabilité des masses d'air, de l'activité des perturbations.

## - I - LES TYPES DE TEMPS CYCLONIQUES EN AUTOMNE

=====

Le retour de la saison humide qui s'effectue au cours du mois de septembre, coïncide avec une diminution sensible de la fréquence des anticyclones. Nous savons que le nombre de jours anticycloniques du mois de septembre est très nettement inférieur à celui du mois d'août dans le NO de la Péninsule : 56 % au lieu de 61 %. Cependant, il faut attendre le mois de novembre pour que les situations cycloniques se succèdent plus fréquemment que les situations de hautes pressions : 52,5 % des jours en année moyenne pour 47,5 %.

L'origine de la forte pluviosité du début d'automne doit donc être recherchée dans une activité plus grande des perturbations, en fonction d'une augmentation des transferts d'énergie océan-atmosphère. Nous savons que par suite de l'allongement des nuits, le bilan thermique au-dessus des terres commence à devenir largement négatif dans les latitudes moyennes. Les basses couches de l'atmosphère tendent donc à se refroidir tandis que les eaux de surface du golfe de Gascogne restent encore relativement chaudes. Aussi, les eaux de surface du fond du golfe de Gascogne sont-elles soumises à une très fortes évaporation qui augmente fortement le taux de vapeur d'eau des bas niveaux de l'atmosphère. Dès lors, les advections d'air froid, au-dessus de cette couche maritime très humide accentuent les conditions d'une instabilité élevée, responsable des pluies intenses qui s'abattent dans le Guipuzcoa, dès la fin de septembre et durant le mois d'octobre.

En réalité, les aspects pluviométriques des états de l'atmosphère varient toujours d'une région à une autre, selon les principaux types de situation synoptique.

#### Ia - LES TYPES DE TEMPS CYCLONIQUES CHAUDS ET HUMIDES

-----

Les pluies sont régulièrement plus intenses sur le Minho et la Galice, avec les situations synoptiques qui favorisent l'installation d'ambiance chaude et humide. Bien sûr, elles sont toujours liées aux formes de circulation méridienne S qui prédomine en automne. Comme en été, les expulsions polaires viennent réanimer la dépression stagnante sur la façade de la Péninsule Ibérique responsable alors des dernières chaleurs orageuses. Surtout, les perturbations de SO déferlent sur la façade orientale des grandes coulées polaires qui s'étalent sur l'Atlantique. A nouveau, les grands contrastes régionaux s'affirment, en fonction des trajectoires suivies par ces perturbations.

##### - A) LES DERNIERES VAGUES DE CHALEUR HUMIDE ET ORAGEUSE. LES ----- PLUIES ORAGEUSES REGULIERES SUR LE MINHO ET LA GALICE ----- LIEES AUX DEPRESSIONS LUSITANIENNES. -----

Les colonnes cycloniques qui, après s'être détachées de coulées polaires issues du NO de l'Atlantique, stagnent au voisinage de la Péninsule Ibérique et peuvent y déclencher des appels d'air chaud. Comme au printemps et en été, le violent contraste entre cet air chaud et l'air froid de la cellule cyclonique est la cause de types de temps chauds mais également très pluvieux, accompagnés de phénomènes orageux.

Si les principales données synoptiques sont similaires, en revanche, les facteurs aérologiques de ces types de temps peuvent varier. Ainsi, dans le détail les aspects du temps sont fonction d'une part, de la position de la cellule cyclonique et d'autre part, de la nature et de l'évolution de l'air chaud. Plus fréquemment, la dépression stabilisée sur la façade portugaise dirige par le SSE de l'air tropical maritime chaud très instable. Mais il arrive que ce type de dépression où une dépression centrée sur le N de l'Espagne provoque l'advection d'air chaud venu du SE et de l'E : air méditerranéen, polaire continentalisé encore chaud, les deux parfois confondus<sup>(1)</sup>, et très exceptionnellement de l'air tropical continental. Aussi, ces types de temps chauds orageux d'arrière saison sont-ils très rarement des manifestations du FAL.; ce sont en fait des formes d'évolution originale du Front Polaire ou des activités du Front Méditerranéen.

1°) Dépression sur la façade portugaise - Type de temps chaud orageux avec fortes pluies limitées au Minho et à la Galice 5-7 nov. 1954.

Depuis le début de novembre 1954, une cellule cyclonique froide isolée du courant zonal rapide stagne entre les Açores et le Portugal sur la Péninsule. Elle a déjà donné naissance à un flux perturbé de S-SE, caractérisé par le déplacement d'un front froid séparant une masse d'air polaire maritime et une masse d'air arctique évoluée. Mais les 3 et 4 novembre, la dépression s'éloigne vers l'ouest et semble se combler lentement lorsque le passage d'une nouvelle vallée froide, au nord de la cellule cyclonique semble la régénérer. De fait, à partir du 5 novembre, la dépression se creuse à nouveau entre les Açores et Madère, puis se rapproche lentement du Portugal entraînant un front faiblement ondulé qui traverse

-----  
(1) Weather in the Mediterranean p. 20.



le 6 et le 7 novembre les régions occidentales de la Péninsule Ibérique.(fig. 1.21).

#### Aspects du temps.

La Galice et le Minho connaissent pendant ces quatre jours, un temps doux, voire chaud pour la saison, mais un temps surtout très pluvieux. A Porto, les températures maximales passent de  $22,2^{\circ}$  le 5 novembre (Tm), à  $17,7^{\circ}$  le 7 novembre (Pm) et restent toujours supérieures à la normale ( $15,9^{\circ}$ ), il en est de même pour les températures minimales qui dépassent de plus de  $6^{\circ}$  la normale. Ces conditions thermiques sont sensiblement identiques à Vigo et à La Corogne où les maximums thermiques ne descendent pas au-dessous de  $13^{\circ}$ . D'autre part, dans toutes les régions, d'importantes précipitations sont enregistrées ; au cours de l'évolution de cette situation, les pluviomètres, totalisent du 5 au 7 novembre des hauteurs d'eau de plus en plus élevées du S au N : 55 mm à Porto, 64 à Vigo et un peu plus de 70 mm à Santiago et à La Corogne.

Par contre pendant les 3 jours, le temps est plus stable dans les régions vascocantabriques. S. Sébastien, Santander, connaissent également des températures estivales ( $22^{\circ}$ ) en ce mois de novembre et les nuits restent tièdes le long du littoral basque ;  $19^{\circ}$  dans la nuit du 6. Cette ambiance chaude, lourde pour la saison, s'accompagne d'un ciel peu nuageux qui, à l'approche du front froid, se couvre d'Ac, puis de Sc, responsables de faibles pluies dans les Asturies Occidentales (Gijón = 2 mm). C'est seulement le 8, avec l'irruption du front froid et de l'air postérieur froid, que le temps change brusquement et devient frais et très pluvieux.

Ainsi la situation favorable aux orages violents sur l'O, se traduit par un temps nettement différent dans les régions du versant septentrional des Cantabriques.

L'évolution des conditions atmosphériques en situation orageuse.

Certaines stations de la Galice septentrionale, recueillent l'essentiel de leurs précipitations lors du passage du front (fig.1.21). Ainsi, la Corogne reçoit 54 mm en 24 heures, entre 06 h le 6 et 06 h le 7, lorsque la goutte froide en altitude apparaît au-dessus du NO de la Galice. Mais, cette présence de l'advection d'air froid en altitude est-elle vraiment la cause essentielle des fortes précipitations recueillies dans l'ensemble de la Galice et du Minho ? Car déjà, à La Corogne, le pluviomètre a enregistré 9 mm dans la nuit du 6, bien avant l'approche du front. Surtout, des pluies plus intenses s'abattent beaucoup plus tôt dans les régions plus méridionales ; durant l'après-midi du 5 et la nuit du 6, ils tombent 35 mm à Porto et Vigo ; 42 mm à Santiago, soit près des 3/5 des précipitations totales fournies par ce type de temps. Or, au cours de cette période pluvieuse, la Galice et le Minho sont situés dans le secteur chaud de la perturbation, alimenté par un air tropical maritime qui présente des conditions d'instabilité absolue dans les basses couches, et un fort gradient vertical d'humidité favorable à l'instabilité potentielle aux niveaux moyens.

Ainsi, le soulèvement en bloc de cette masse d'air explique les pluies abondantes qui se produisent sur les hauteurs du Minho et de la Galice méridionale. Toutefois, l'ascendance dynamique suffit pour provoquer à l'intérieur de l'air chaud la formation de nuages d'instabilité, cumulus bourgeonnants et cumulonimbus qui produisent de fortes averses accompagnées d'orages ; dans la soirée du 5, la station de Porto reçoit en 1 heure 10 mm ce qui représente une forte intensité horaire pour un climat à tendance océanique. Nous manquons de renseignements précis sur l'évolution détaillée de la pression dans ces régions, sur la structure des masses d'air ;

mais ce type de temps rappelle les "modèles" étudiés par Suckstorff et Bergeron dont les travaux sont cités par S. Petterssen<sup>(2)</sup>. Les orages qui éclatent apparemment à l'intérieur de l'air chaud, en avant du front froid, semblent être liés à cette ligne de forte convergence interne appelée "squall line" ou ligne d'instabilité.

Les pluies orageuses internes au secteur chaud s'atténuent dans la Galice septentrionale, tendent à disparaître dans les Asturies Orientales et dans les régions basques parce que l'air maritime chaud qui a gagné le fond du golfe de Gascogne, a subi des transformations importantes. Effectivement, l'air qui arrive sur le SO de la France à la fin de l'évolution de cette situation synoptique, présente une structure verticale différente de celle de l'air chaud. Selon le radiosondage de Bordeaux du 7 novembre 2 h, les basses couches de la masse d'air, excepté au niveau du sol où le rayonnement nocturne a provoqué un refroidissement, apparaissent plus chaudes et plus sèches. Cette transformation est incontestablement le résultat de l'affaissement de l'air chaud le long de la façade septentrionale des Cantabriques, et il n'est pas impossible que des effets de foehn ont dû se produire au pied des versants les plus abrupts.

En résumé, une situation favorable aux contrastes régionaux, une situation dont l'évolution confirme le rôle de l'air maritime chaud aspiré<sup>(3)</sup> par une cellule cyclonique isolée, réactivée par une nouvelle expulsion froide. Toutefois, les contrastes régionaux diminuent lorsque l'alimentation froide est assez importante, pour se propager en altitude au-dessus des régions Vascocantabriques.

---

(2) S. PETERSSSEN ( 538 ) p. 174-175 et p. 186.

(3) Ce rôle de pompe aspirante de la colonne cyclonique (vortex) semble être également à l'origine du déplacement corrélatif de l'air équatorial humide sur le S de l'Algérie comme l'indique les cartes synoptiques (BQE du 8 nov.).



2°) Extension du temps orageux pluvieux aux Régions Vascocantabriques - 9-12 septembre 1949 - Manifestation du front Méditerranéen.

Cette fois encore, le type de temps orageux apparaît dans le secteur occidental d'une dépression stagnant face au Portugal. Celle-ci représente la base d'une colonne cyclonique isolée d'une coulée polaire issue du Groenland avec une phase de circulation méridienne lente qui se prolonge tout le mois de septembre après avoir dominé pendant l'été sec et chaud de 1949. Au début, 7 et 8 septembre, cette dépression séparée des vallées planétaires froides qui évoluent plus au N, tend à se combler et à dégénérer.

Mais à partir du 9, elle entre à nouveau en phase avec une coulée polaire (nuit du 10 : dépression lusitanienne et vallée froide son disposées dans le même fuseau méridien, fig.1.21). Le violent contraste qui apparaît entre l'air chaud du secteur oriental de la dépression et la nouvelle expulsion froide, libère l'énergie nécessaire à la régénération de la colonne cyclonique. A son tour, elle accélère le mouvement d'aspiration de l'air chaud dont le refroidissement brutal alimente des gros nuages à développement vertical, responsables de violentes averses orageuses.

De fait dès le 9, alors que l'air maritime chaud dans les basses couches de l'atmosphère continuent à entretenir des températures élevées dans le Minho et la Galice ; un front occlus commence à envahir ces régions. Il correspond à l'advection d'un air très chaud, mélange d'air tropical continental et d'air méditerranéen, chargé d'humidité. De sorte qu'après une journée de chaleur (températures maximales 33° à Porto, 29° à Vigo et Santiago, 25° à La Corogne) des orages éclatent à la tombée de la nuit, fournissant principalement des pluies dans le Minho. Ces pluies chaudes, orageuses, se prolongent

le lendemain et gagnent la Galice ; alors que la température maximale atteint  $26^{\circ}5$ , à La Corogne, les pluies orageuses fournissent plus de 9 mm. Or entre-temps, la poussée d'air méditerranéen s'est renforcée et le front froid qui le sépare de l'air polaire maritime chaud est devenu plus actif, marquant la transition avec un type de temps pluvieux et plus doux.

La perturbation méditerranéenne se propage alors aux régions Vascocantabriques. Celles-ci connaissent en effet, un temps chaud lourd, orageux deux jours après le Minho. Le 11 et le 12 septembre, alors que la perturbation atteint le golfe de Gascogne, les températures s'élèvent le long du littoral, passant de  $21-23^{\circ}$  les jours précédents, à  $26-28^{\circ}$  dans les stations de Santander et de S. Sébastien. Cette élévation de température s'accompagne également de précipitations orageuses qui se renforcent avec l'arrivée du front froid ; ainsi S. Sébastien reçoit 2 mm le 11, mais 11 mm le 12 alors que la surface de discontinuité fait irruption dans le fond du golfe de Gascogne.

L'évolution est différente de celle du type précédent, puisque les pluies chaudes atteignent les régions littorales vascocantabriques malgré la trajectoire SN suivie par la perturbation. Si cette perturbation est restée active au N des Cantabriques, c'est à la suite, cette fois, du prolongement en altitude, au-dessus des régions vascocantabriques et du Bassin d'Aquitaine, de l'advection de l'air froid. Cette advection froide au N de la chaîne pyrénéo-cantabrique est attestée par les radiosondages de Bordeaux (cf. BQE). Le 11, arrive, au-dessus de la Gironde, un air chaud à faible gradient thermique vertical et dont l'humidité augmente avec l'altitude. Mais le 12, tandis que l'air méditerranéen se maintient au-dessous de 1000 mètres, la température baisse fortement dans les couches moyennes de la troposphère soulignant la présence en altitude d'une masse d'air froide. Celle-ci, après avoir

passé au-dessus de la chaîne Cantabrique, est venue surmonter l'air méditerranéen, entraînant l'augmentation du gradient thermique vertical qui finit par dépasser le taux de décroissance de l'adiabatique sèche, et par créer ainsi des conditions d'instabilité absolue.

Le front méditerranéen qui prend le relai du FAL, n'est donc actif dans l'ensemble du domaine méditerranéen, que si l'air froid de la moyenne troposphère gagne le fond du golfe de Gascogne. De même pour les perturbations de SO du front polaire à direction méridienne.

#### - B) LES TYPES DE TEMPS CYCLONIQUES TIEDES DE SO EN AUTOMNE

-----

Principalement, le retour des précipitations mensuelles en automne est dû à l'activité des perturbations de SO. Celles-ci sont liées à des types de situations cycloniques qui rappellent les principaux types déjà étudiés pour les autres saisons. Mais, pendant l'automne il semble bien que la fréquence relativement élevée des crêtes chaudes anticycloniques, bloquées sur l'Europe Occidentale et Centrale explique l'apparition plus nombreuse de grandes dépressions peu mobiles sur l'Atlantique N et la façade des Iles Britanniques. Toutefois, des dépressions suivent encore la trajectoire qui passe sur la Galice et traverse en diagonale le golfe de Gascogne.

Surtout, les formations nuageuses que dirigent ces systèmes cycloniques tendent de nouveau à accentuer les oppositions pluviométriques régionales entre les régions occidentales très arrosées et les régions vascocantabriques plus



abritées. Car si en septembre, comme durant les deux mois du plein été<sup>(4)</sup> les perturbations de SO sont médiocrement actives dans le Minho et la Galice mais beaucoup plus actives dans le Pays Basque, les variations régionales du temps perturbé de SO rappellent les données de l'hiver dès le mois d'octobre. A nouveau le temps cyclonique de SO est doux et très pluvieux dans le Minho et la Galice, plus chaud et moins humide sur la bordure septentrionale des Asturies, dans les régions basques. Bien plus, chez ces dernières, les types cycloniques de SO sont parfois à l'origine du coup de chaleur lourde avec effet de foehn.

1°) Les types de temps perturbés de SO, liés aux dépressions éloignées sur l'Atlantique N.

De fait très rapidement, la probabilité des fortes pluies quotidiennes provoquées par ces vastes dépressions atlantiques, augmente rapidement en automne dans le Minho et la Galice alors qu'elle diminue dans les régions basques. Les résultats statistiques obtenus à partir d'une étude des fréquences des pluies journalières, classées en intensité donnée et liées à ces situations synoptiques sont très significatifs :

---

(4) cf. les effets pluviométriques des systèmes cycloniques en été, supra p. 833-834

| INTENSITES PLUVIOMETRIQUES JOURNALIERES AVEC LES PERTURBATIONS DE SO ELOIGNEES - 1946-1965 |      |      |      |       |       |          |     |       |   |  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|------|-------|-------|----------|-----|-------|---|--|
| en % du nombre total de ce type de perturbation                                            |      |      |      |       |       |          |     |       |   |  |
|                                                                                            | 0    | <3 ≤ | <6 ≤ | <12 ≤ | <24 ≤ | 50mm/24h | p   | >6mm) |   |  |
| (Sept:                                                                                     | 25 : | 32 : | 14 : | 12 :  | 11 :  | 4 :      | 2 : | 29    | ) |  |
| (PORTO (Oct.:                                                                              | 16 : | 29 : | 16 : | 14 :  | 14 :  | 11 :     |     | 39    | ) |  |
| (Nov.:                                                                                     | 0 :  | 18 : | 14 : | 14 :  | 14 :  | 16 :     | 4 : | 68    | ) |  |
| (                                                                                          | :    | :    | :    | :     | :     | :        | :   | :     | ) |  |
| ( LA (Sept:                                                                                | 35 : | 14 : | 13 : | 23 :  | 13 :  | 2 :      |     | 38    | ) |  |
| (CORO- (Oct.:                                                                              | 31 : | 20 : | 14 : | 16 :  | 14 :  | 5 :      |     | 35    | ) |  |
| ( GNE (Nov.:                                                                               | 12 : | 23 : | 12 : | 24 :  | 23 :  | 6 :      |     | 53    | ) |  |
| (                                                                                          | :    | :    | :    | :     | :     | :        | :   | :     | ) |  |
| (S.SE- (Sept:                                                                              | 58 : | 16 : | 7 :  | 13 :  | 3 :   | 3 :      |     | 19    | ) |  |
| (BAS- (Oct.:                                                                               | 57 : | 19 : | 11 : | 5 :   | 8 :   | 8 :      |     | 13    | ) |  |
| (TIEN (Nov.:                                                                               | 44 : | 35 : | 9 :  | 5 :   | 5 :   | 2 :      |     | 12    | ) |  |
| (IGUELDO                                                                                   | :    | :    | :    | :     | :     | :        | :   | :     | ) |  |
| (                                                                                          | :    | :    | :    | :     | :     | :        | :   | :     | ) |  |
| (                                                                                          | :    | :    | :    | :     | :     | :        | :   | :     | ) |  |
| (                                                                                          | :    | :    | :    | :     | :     | :        | :   | :     | ) |  |

La forte activité des perturbations éloignées de SO dans le Minho et les oppositions régionales qu'elles introduisent sont dues aux mêmes causes qui ont été analysées à propos des perturbations de SO en hiver. De nouveau, les vallées planétaires sur l'Atlantique s'allongent vers le S, et le flux de SO du versant oriental entraîne des masses d'air maritime instable qui se heurtent de plein fouet aux accidents topographiques du Minho et des Rías Bajas.

Toutefois, lorsque le courant de SO froid de la moyenne troposphère fait irruption au-dessus du golfe de Gascogne, les gradients verticaux d'humidité et de température sont plus élevés qu'en hiver, car les eaux océaniques de surface sont encore relativement chaudes et continuent à alimenter une importante évaporation. Ce facteur géographique explique, pour une bonne part, une activité plus importante de ces perturbations de SO par rapport à celle de l'hiver dans le Guipuzcoa.

On peut ainsi préciser la classification de ces perturbations, en fonction des aspects régionaux des états de l'atmosphère qui leur sont associés.

a) Dépression islandaise dirigeant un puissant flux d'air maritime chaud instable. Les contrastes régionaux accentués. 23-25 octobre 1961.

A partir du 23 octobre 1961, une vaste colonne cyclonique polaire au S de l'Islande provoque une poussée d'air froid en direction des Canaries et alimente sur la façade de l'Europe, un rapide courant jet de SO, concrétisé par des vents dont la vitesse dépasse généralement 100 km/h au-dessus de 5000 m d'altitude (fig.1.22).

Dans le secteur SE de cette dépression Islandaise, un conflit violent entre deux masses d'air fortement contrastées se caractérise par la formation de fronts actifs : front chaud qui effleure le NO de la Péninsule dans la matinée du 23, front froid qui envahit progressivement les régions de ce domaine océanique, au cours de la journée du 25. Ainsi, pendant plus de deux jours, entraîné par le flux de SO, l'air polaire maritime chaud envahit le Minho, la Galice et les régions vasco-cantabriques. Or, ces conditions synoptiques s'accompagnent d'une opposition régionale fortement soulignée.

Le temps doux et très pluvieux dans les régions occidentales.

Les rythmes diurnes des principaux éléments atmosphériques (fig.1.23a) prouvent, en effet, que le Minho et la Galice connaissent un temps doux excessivement pluvieux, entre le passage du front chaud et l'arrivée du front froid. Cette impression de douceur est surtout donnée par les valeurs élevées des températures minimales qui sont nettement supérieures aux normales (5 à 7° de plus). Car pendant le jour, les fortes



pluies entravent l'augmentation des températures maximales qui restent légèrement inférieures (Porto) ou à peine supérieures (La Corogne) aux normales.

De fait, d'épaisses formations nuageuses de Ns sont responsables de véritables pluies diluviennes qui s'abattent principalement sur les hauteurs exposées au vent de SO. Ces abondantes chutes de pluies se produisent d'abord dans le Minho ; pendant toute la journée du 23 et la nuit du 24, Porto reçoit des pluies continues qui fournissent un total élevé : 44 mm en 24 heures consécutives. Evidemment sur les hauteurs intérieures, les lames d'eau sont encore plus importantes ; les pluviomètres enregistrent plus de 100 mm, dans les stations échelonnées sur le versant S de la Serra do Gerez (Léonte : 134 mm à 800 m d'altitude). Toutefois, les plus fortes pluies ne se répartissent pas uniquement sur les massifs les plus élevés, elles peuvent se localiser également en avant de ces massifs, à l'intérieur des vallées profondément encaissées et orientées SO-NE. Ainsi, un véritable déluge s'abat à l'intérieur de la basse vallée encaissée du Lima aux environs de Ponte de Lima. Déjà, la station de cette ville, dans le fond de la vallée, reçoit en 24 heures au cours de la journée du 23 et la nuit du 24, plus de 115 mm, mais c'est sur les versants méridionaux des hauteurs dominantes que les records sont atteints : pour la même période, à Aveleirás, sur le versant S du Corno de Bico, entre la vallée du rio Vez et la vallée du rio Labriga, le pluviomètre enregistre 189 mm ! Le paroxysme de l'épisode pluvieux se produit un peu plus tard dans la Galice Centrale et méridionale entre le 24 18 h et le 25, 18 h. Au cours des vingt quatre heures consécutives, les lames d'eau atteignent des valeurs remarquables aussi bien sur les hauteurs littorales des rías de l'Ulla et du Tambre, que sur les plateaux intérieurs : 163 mm à Rianjo, 118 mm à Santiago-Labacolla.

Ces précipitations abondantes sont dues d'abord à l'instabilité de l'air chaud maritime. Le radiosondage à La Corogne effectué le 24 à 12 h (fig.1.23a) à l'intérieur de Pm w, met bien en évidence l'instabilité de cette masse d'air ; les basses couches chargées de vapeur d'eau présentent un taux très élevé de décroissance verticale de la température et par conséquent offrent des conditions d'instabilité sélective. D'autre part, les mouvements ascendants sont encore accrus par les phénomènes de convergence qui résultent de la canalisation de cet air maritime instable, par les puissantes vallées encaissées du Cávado et du Lima. Mais, les précipitations intenses de la Galice semblent être principalement liées à la pénétration d'un air plus froid dans les couches moyennes de la troposphère. Le coin d'air froid qui apparaît nettement sur le radiosondage du 25 vers 3000 m, active le soulèvement de l'air chaud dans la haute troposphère et provoque l'apparition de l'instabilité absolue dans les couches inférieures.

Or, cette instabilité de l'air chaud disparaît sur le versant septentrional des Cantabriques où règne un état de l'atmosphère différent.

Le temps très doux à peine pluvieux des régions vasco-cantabriques.

Pendant ces trois jours, alors que les vents de secteur S se maintiennent, les températures sont encore plus élevées et les pluies cessent sur les régions littorales du Pays Basque et des Asturies. Un temps très doux et couvert règne durant ces trois journées ; sous un voile de St permanent, les températures varient peu et les pluies recueillies sont de faible intensité.

Incontestablement, l'affaîssement de l'air chaud provoque la disparition de l'instabilité. Mais, cette fois, le réchauffement dans les niveaux inférieurs est très limité.

Plus exactement, sa propagation au niveau de la mer doit être entravée par la présence de la basse couche d'air qui stagne au-dessus du golfe de Gascogne. Alors que l'air maritime advectif se réchauffe adiabatiquement, l'air local continue à présenter un taux élevé de décroissance verticale de la température ; de sorte qu'une inversion de relief doit apparaître au contact de ces masses d'air qui subissent des évolutions opposées. Et, c'est au niveau de cette inversion de température que se développe la couche de stratus qui fournit des pluies de très faible intensité seulement.

Mais, que le front froid et l'air froid fassent brutalement irruption dans le golfe de Gascogne, et l'inversion de température disparaît et l'augmentation du gradient thermique vertical permet au mauvais temps pluvieux de SO de se propager aux régions vascocantabriques.

b) L'extension au golfe de Gascogne, du mauvais temps de SO entretenu par une vaste dépression sur l'Atlantique N - 8-10 octobre 1959.(fig. 1.22b).

Une coulée polaire issue du bassin arctique au N du Canada se heurte dans son expansion vers l'E à une ample crête d'air chaud stabilisée de la Méditerranée occidentale au NE du Groënland. Dès lors, sur la façade atlantique de l'Europe s'établit un rapide courant méridien de S qui est à la fois la cause et l'effet de l'affrontement de masses d'air fort contrastées. De fait, une série de fronts froids actifs dans la basse troposphère sont dirigés sur le NO de la Péninsule Ibérique par une dépression fortement creusée (965 mb) au S du Groënland. Sur la Galice et le Minho, le temps évolue en fonction du passage des fronts froids qui cette fois gardent leur activité jusque dans le fond du golfe de Gascogne, atténuant les oppositions régionales.



Le temps est toujours doux et très pluvieux dans le Minho et la Galice (fig.1.23b).

Cependant, contrairement à la situation précédente, le mauvais temps pluvieux est dû principalement aux caractères instables des masses d'air polaire maritime froid de retour. Car au début, le 8 octobre, le front chaud pénètre lentement au-dessus de la Péninsule Ibérique et l'air polaire maritime chaud refoule progressivement l'air continental chaud et sec. Aussi, la structure de l'atmosphère est-elle d'abord stable (cf. radiosondage du 8 oct. 1969 - 12 h, à La Corogne). Cependant avec l'augmentation de l'épaisseur de la couche d'air maritime, le ciel se couvre rapidement d'un voile de Acu puis de Sc qui provoque en fin d'après-midi de faibles précipitations sur les régions côtières (La Corogne - Cap Finisterre et Vigo).

Ce voile nuageux marque le début du soulèvement de l'air maritime chaud en avant du front froid qui traverse l'Espagne dans la nuit et la journée du 9 octobre. Accompagnée de vents modérés de S à SO, cette discontinuité est responsable, avec le front froid secondaire qui le suit immédiatement, des fortes précipitations recueillies en 24 h : La Corogne reçoit 19 mm, Santiago 33, Vigo 35 et Porto 32 mm. Mais l'essentiel des pluies - au moins 75 % à Santiago et à La Corogne tombe entre 6 h du matin et 18 h le 9 octobre, c'est-à-dire principalement pendant et après le passage du tracé au sol de ce second front froid.

L'activité de ces fronts s'explique par les caractères des masses d'air polaire. Déjà, l'air polaire intermédiaire présente des conditions d'instabilité absolue après échauffement au contact du sol plus chaud ; la température de convection (TC) évaluée sur l'émagramme est très nettement inférieure à la température maximale atteinte au début d'après-midi.

Dès lors, le ciel de Galice est surtout couvert de nubes à développement vertical (Cb), fournisseurs de fortes averses postfrontales.

C'est de l'air frais et humide, donc peu sensible au réchauffement adiabatique durant son affaissement en bloc, qui arrive au-dessus du golfe de Gascogne provoquant l'extension des pluies dans les régions vascocantabriques.

L'apparition des pluies dans les régions vascocantabriques.

De fait, après une matinée chaude, entretenue par l'irruption de l'air chaud en voie d'affaissement, le ciel devient rapidement gris et des pluies substantielles s'abattent dans les régions vascocantabriques au cours de la nuit du 10 octobre. Ce développement du temps pluvieux sur le versant sous le vent, abrité est certainement le résultat de la convergence de deux facteurs. D'abord, un facteur dynamique ; l'évolution des fronts froids vers l'E accompagne en fait le déplacement de l'axe de la vallée planétaire, or nous savons qu'au voisinage de cet axe, la valeur du tourbillon relatif augmente rapidement, entraînant l'accélération des mouvements ascendants. Ensuite, un facteur géographique : l'air froid s'écoule au-dessus des eaux océaniques encore tièdes en ce début d'automne, et donc par conséquent au-dessus d'une couche qui cette fois, est relativement plus chaude et beaucoup plus humide. L'augmentation de l'humidité des bas niveaux de l'air maritime chaud, abordant le bassin d'Aquitaine (voir radiosondage de Bordeaux) confirme bien ce transfert d'énergie de l'océan à l'atmosphère, au-dessus du golfe de Gascogne.

C'est principalement ce mécanisme qui explique les pluies relativement fortes apportées dans le Guipuzcoa en septembre par les perturbations plus proches, évoluant au-dessus de la Galice et sur le golfe de Gascogne.

2°) Les types de temps doux et pluvieux liés aux perturbations de SO Proches.

De fait, ces perturbations qui passent juste au-dessus du NO de la Péninsule Ibérique sont très actives. Comme pendant les autres saisons, ces perturbations proches sont plus actives que les perturbations éloignées. Surtout, elles retrouvent plus rapidement leur activité qui avait faibli pendant l'été, dans le Minho et en Galice. La probabilité qu'elles ont de provoquer de fortes pluies, égales ou supérieures à 6 mm en 24 heures, atteint des valeurs plus élevées qu'au printemps. C'est que les masses d'air froid de retour, entraînées par les flux de SO, sont très instables après leur réchauffement à la base au contact des eaux océaniques encore chaudes au milieu de l'automne dans les régions subtropicales<sup>(5)</sup>.

Mais, nous retrouvons, en ce qui concerne les effets pluviométriques régionaux, les mêmes variations que celles présentées par les perturbations de SO plus éloignées. Cette fois encore, l'activité des perturbations diminue rapidement après septembre dans les régions vascocantabriques.

---

(5) Se reporter au graphique des températures moyennes mensuelles de la mer aux Açores, fig. 2.30, à Santa Cruz das Flores, la température de l'Océan est de l'ordre de 16°7 en mai, de 20°2 en octobre !



| INTENSITES PLUVIOMETRIQUES JOURNALIERES AVEC LES PERTUR-<br>BATIONS DE SO PROCHES - 1946-1965<br>en % du nombre total de ce type de perturbation |       |    |     |     |     |     |          |         |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|----|-----|-----|-----|-----|----------|---------|----|
|                                                                                                                                                  |       | 0  | 3   | 6   | 12  | 24  | 50mm/24h | p ≥ 6mm |    |
|                                                                                                                                                  |       |    | < ≤ | < ≤ | < ≤ | < ≤ | < ≤      | < ≤     |    |
| ( POR-<br>TO                                                                                                                                     | Sept. | 4  | 23  | 31  | 17  | 16  | 7        | 2       | 42 |
|                                                                                                                                                  | Oct.) | 1  | 21  | 9   | 13  | 31  | 23       | 2       | 69 |
|                                                                                                                                                  | Nov.) |    |     |     |     |     |          |         |    |
| ( La<br>CORO-<br>GNE                                                                                                                             | Sept. | 16 | 26  | 10  | 19  | 22  | 5        | 2       | 48 |
|                                                                                                                                                  | Oct.) | 9  | 23  | 13  | 25  | 17  | 13       |         | 55 |
|                                                                                                                                                  | Nov.) |    |     |     |     |     |          |         |    |
| ( S.<br>SEBAS<br>TIEN                                                                                                                            | Sept. | 29 | 24  | 5   | 19  | 18  | 5        | 0       | 42 |
|                                                                                                                                                  | Oct.) | 37 | 36  | 12  | 8   | 7   | 0        |         | 15 |
|                                                                                                                                                  | Nov.) |    |     |     |     |     |          |         |    |

Ces perturbations de SO qui affectent plus directement le NO de la Péninsule Ibérique, correspondent encore à des dépressions dont les migrations suivent une trajectoire VI, passant à proximité de la Galice ou sur la Galice elle-même. Toutefois, l'originalité en automne réside dans le fait que les perturbations de SO sont liées plus fréquemment à des dépressions stabilisées pendant plusieurs jours sur la façade atlantique de l'Europe. Entravés dans leur déplacement vers l'E, dans des conditions de circulation méridienne ralentie, ces systèmes cycloniques stationnaires sont centrés soit à l'O de l'Irlande, soit dans les parages de la Galice.

C'est à une série de telles situations synoptiques que l'on doit les précipitations exceptionnellement élevées d'octobre 1960. Pour cet automne, la plupart des stations ibériques enregistrent les valeurs pluviométriques mensuelles les plus fortes, depuis que ces stations effectuent des mesures météorologiques<sup>(6)</sup>. Les régions de la Galice et du

(6) A. LINES ESCARDO ( 390 ) p. 367. n° 80.

Minho sont particulièrement arrosées et reçoivent trois à quatre fois plus d'eau que la normale mensuelle. Sur les régions élevées les totaux pluviométriques atteignent souvent des chiffres remarquables ; en particulier sur les hauteurs du Minho, certaines stations comme celles d'Albergaria et de Leonte sur les versants occidentaux de la Serra do Gerez, recueillent au cours de ce seul mois jusqu'à un mètre d'eau. Tandis que dans les régions vascocantabriques, l'augmentation de la pluviosité n'atteint pas de telles proportions, les précipitations d'octobre 1960 sont loin de représenter le double des précipitations normales.

a) Dépression à l'ouest de l'Irlande.

Ex. 1-3 oct. 1960. Les fortes précipitations sur la Galice.

Depuis la fin septembre 1960, une colonne cyclonique froide ( $- 25^{\circ}$  à 500 mb) s'établit au S d'une cellule anticyclonique Islando-Scandinave (cutoff high). A partir du 1er octobre, cette colonne alimente au SO et à l'O de l'Irlande, une dépression dont le centre est défini par des pressions inférieures à 990 mb. Dans le secteur SO de cette dépression se déplace du SO au NE une perturbation constituée par un front chaud et un front froid qui se rejoignent juste au N de la Galice pour se prolonger par un front occlus (fig.122c). C'est donc une étroite pointe de secteur chaud, accompagnée d'une formation nuageuse dense (Sc et Ns) qui traverse la Galice et le Minho dans la nuit du 2 octobre.

Par suite au cours de ces trois jours durant lesquels la dépression continue à diriger un flux de S-SO, l'enchaînement des états de l'atmosphère présente trois phases successives en fonction de la répartition des précipitations, car l'ambiance thermique reste plus constante : douce dans le Minho et la Galice, plus chaude et marquée par une

élévation de température exceptionnelle dans les régions vascocantabriques.

Une première phase préfrontale le 10 octobre. Dans le secteur SE de la dépression, toutes les régions sont envahies par une masse d'air polaire maritime relativement stable, puisque  $\theta_w$  et l'humidité relative augmentent avec l'altitude dans la basse et la moyenne troposphère (cf. radiosondage La Corogne). Dans tout le domaine océanique règne un temps doux faiblement nuageux. Toutefois, au cours de l'après-midi et de la soirée, le vent de S-SO fraîchit, le ciel se couvre d'un voile de Sc dans le Minho et la Galice. Là, à l'approche du front chaud de faibles pluies se produisent tandis que le temps reste sec dans les régions vascocantabriques malgré un accroissement de la nébulosité. En fait, les contrastes régionaux s'accroissent pendant la deuxième phase.

Une deuxième phase frontale pendant la nuit et la journée du 2 octobre. Elle est caractérisée par l'irruption de cette partie dense du corps nuageux qui correspond à la pointe du secteur chaud. Dans ce lieu de convergence des fronts les mouvements ascendants de l'air chaud qui subit un brutal refroidissement, sont violents, d'autant plus que l'air froid postérieur présente des conditions d'instabilité sélective. En réalité, c'est la Galice, plus proche de la pointe du secteur chaud, qui reçoit les précipitations les plus intenses. En douze heures dans la plupart des stations, La Corogne, Santiago Labacolla, Vigo, les pluviomètres recueillent des totaux pluviométriques supérieurs à 40 mm, tandis que les précipitations dépassent à peine 20 mm dans les stations basses du Minho : Porto, Braga.

Mais, le contraste pluviométrique avec les régions vascocantabriques est nettement plus évident. Sur la bordure septentrionale des Cantabriques et des hauteurs basques, les



fronts se révèlent totalement inactifs. Dans ces régions, malgré le passage des fronts, le ciel ne s'assombrit pas, se couvrant simplement d'Ac et Cu dispersés qui donnent une nébulosité à peine supérieure à 4 à 5/8. A certains moments, des nuages d'onde doivent apparaître signalant des effets de foehn et des écoulements ondulatoires d'air chaud sur le versant N. De fait, les rythmes diurnes des températures de certaines stations suggèrent des poussées exceptionnelles de chaleur. Plus particulièrement à Gijón, l'irruption de l'air maritime chaud se marque par l'existence d'un minimum nocturne élevé, du même ordre de grandeur que les maximums enregistrés dans les régions occidentales. Or comme, durant cette même nuit la station de León reçoit des précipitations et enregistre un minimum thermique qui ne dépasse pas 9°, on peut considérer que les aspects du temps à Gijón résultent d'un effet de foehn qui "efface" complètement l'action des fronts.

Cet effet s'atténue vers l'E, en direction du Guipuzcoa, du moins en ce qui concerne l'aspect thermique, puisque lors du passage du secteur chaud, au début de l'après-midi du 2 octobre, le maximum thermique enregistré à S. Sébastien (21°) est à peine supérieur à ce minimum analysé à Gijón (20°). Cependant dans le Pays Basque, l'affaissement des masses d'air continue à annihiler l'action des fronts et à entretenir un temps très doux et moyennement nuageux.

Une troisième phase postfrontale de courte durée.  
Elle est définie par l'installation de l'air polaire maritime postérieur. En réalité cette masse d'air plus froide ne provoque pas une variation sensible de la température ; pendant l'après-midi du 2, les maximums sont à peine inférieurs à ceux de la veille dans l'ensemble du domaine océanique, seule la baisse nocturne de la température est plus marquée dans les

régions vascocantabriques. Le réchauffement des basses couches de l'air polaire maritime froid, après son évolution au-dessus des régions subtropicales atlantiques, apparaît nettement sur le radiosondage effectué à La Corogne (2 octobre fig.1.24a). Dès lors, l'instabilité sélective explique l'apparition de nuages à développement vertical, (cumulus congestus, cumulonimbus) qui entretiennent des averses dispersées, se propageant même au versant septentrional des Cantabriques où l'effet de foehn disparaît avec l'irruption de l'air froid postérieur.

Cette phase de traîne ne dure guère bien qu'apparemment le domaine océanique reste dans le secteur SO de la dépression stabilisée à l'O de l'Irlande pendant la journée du 3 octobre. Les phénomènes pluvieux qui éclatent ce jour-là aussi bien dans le Minho que dans le Guipuzcoa sont liés à de nouvelles ondulations du front froid. Celles-ci donnent alors naissance à une série de perturbations de SO qui évoluent cette fois à travers la Péninsule Ibérique et qui sont par suite responsables d'un temps plus frais et pluvieux dans le fond du golfe de Gascogne. Par glissement lent vers l'E de la trajectoire des perturbations sous le versant oriental de la vallée planétaire, s'implante ainsi un type de temps différent<sup>(7)</sup>.

b) Dépression au NO de la Galice

Ex. 21-23 octobre 1960 fortes précipitations dans le Minho.

Pendant ces trois jours, les conditions atmosphériques sur l'Europe se rapprochent de celles de la situation du début d'octobre 1960 : une coulée polaire est bloquée à l'ouest d'une vaste ondulation anticyclonique d'air plus chaud qui s'étend de l'Europe Centrale au Groënland<sup>(8)</sup>. Seulement

---

(7) Cf. infra - les types de temps frais et pluvieux de SO chapitre Ic-A.

(8) A. LINES ESCARDO ( 390 , n°80) p. 379.

cette fois, la colonne cyclonique stationne à proximité du NO de la Péninsule Ibérique entre la position du point K et la Galice. Dès lors, le noyau de la perturbation de SO dirigée par ce système cyclonique passe directement par le Minho qui reçoit les précipitations les plus abondantes. Néanmoins, l'enchaînement des états de l'atmosphère, la variabilité de leurs aspects régionaux présentent des caractères similaires et soulèvent des problèmes identiques.

#### Evolution du corps nuageux.

L'irruption du corps nuageux (Fs, Ns, Sc) interrompt brusquement, dans la nuit du 21 octobre 1960, le temps de traîne de la perturbation de SO précédente. C'est en réalité la partie du corps nuageux, correspondant à la pointe étroite du secteur chaud qui aborde le Minho et la Galice. Malgré la faible durée de l'advection de l'air chaud, le temps reste doux en cette fin du mois d'octobre ; dans l'ensemble du domaine océanique les températures maximales sont supérieures aux normales et les amplitudes thermiques sont faibles en général sur les régions littorales : 4°, un peu plus élevées dans les bassins isolés de l'intérieur, comme le bassin de Lugo ; 8°. En revanche, la pluviosité est fort variable. Les précipitations les plus abondantes sont enregistrées dans le Minho et la Galice méridionale : 56 mm à Porto avec un maximum horaire de 26 mm entre 9 et 10 h, à l'arrivée du front froid, tandis que les pluies deviennent médiocres au N de la Galice, 5 mm à La Corogne, insignifiantes et plus généralement nulles dans les régions littorales vascocantabriques (fig. 1.24b).

Dans ces dernières régions, le système nuageux se disloque sous l'effet du flux de SO rabattant. Toutefois, c'est encore dans la région de Gijón que se produit une augmentation sensible de la température, avec l'affaissement de la pointe d'air chaud maritime au début de l'après-midi du 21. Quoi qu'il en soit, l'évolution de la perturbation nuageuse est spectaculaire.



laire, puisque dans le Minho et la Galice, elle est au départ responsable d'une forte pluviosité. De fait, les fortes pluies du 29 dans ces régions sont dues aux puissants mouvements ascendants de l'air chaud humide, plus particulièrement soulevé par un air froid présentant des conditions d'instabilité sélective (radiosondage de La Corogne).

### Le temps de traîne

Après le passage du corps nuageux, les vents de SO modérés continuent à souffler dans toutes les régions du domaine océanique. Mais, de la même façon que le 2 octobre, la nébulosité diminue brutalement ; de belles éclaircies alternent avec le passage de nuages d'instabilité (Cb) qui provoquent des averses localisées. Toutefois, l'évolution de cette phase de traîne présente des caractères originaux. Elle est, en effet, interrompue par l'action de deux nouvelles données synoptiques : d'une part le front exclus de la perturbation qui revient sous forme de rétrograde sur le NO de la Péninsule, d'autre part une ondulation secondaire du front froid au-dessus du golfe de Gascogne. La rétrograde qui joue le rôle de front secondaire, est responsable de la continuation des pluies d'intensité moyenne dans le Minho et d'une faible recrudescence des précipitations dans la Galice, puis dans les Asturies et le Guipuzcoa.

Mais, dans la nuit et la journée du 23, les conditions du temps de traîne se renouvellent avec toutefois une légère augmentation des températures maximales dans les régions vascocantabriques, sous l'influence d'un flux de SO permanent.

Ib - LES TYPES DE TEMPS CYCLONIQUES DOUX D'O EN AUTOMNE - UNE  
-----  
FORTE PLUVIOSITE GENERALISEE DANS TOUT LE DOMAINE OCEANIQUE.  
-----

En automne, le mauvais temps cyclonique très pluvieux mais doux, si typique des régions océaniques tempérées, apparaît plus fréquemment qu'en été et au printemps. Au cours des phases de circulation zonale rapide, nombreux sont les jours gris pendant lesquels les pluies tombent sans arrêt, sous un ciel bas chargé d'épaisses nuées que poussent des vents d'O forts. Car, non seulement les perturbations sont plus fréquentes, mais, elles sont encore beaucoup plus actives ; à nouveau, les précipitations journalières d'intensité élevée ont une plus grande probabilité de se produire au passage des fronts actifs de ces perturbations d'O, à nouveau, celles-ci sont souvent responsables, comme en hiver de violentes tempêtes.

Toutefois, si l'activité des perturbations d'O renaît fortement dans le Minho et en Galice, c'est encore dans les régions vascocantabriques que ces perturbations provoquent les plus fréquemment des précipitations journalières de forte intensité. Ainsi à propos des effets pluviométriques des perturbations d'O l'automne apparaît bien comme une saison de transition, entre l'été au cours duquel les perturbations d'O sont plus actives dans le fond du golfe de Gascogne et l'hiver pendant lequel le mauvais temps d'O tend à s'atténuer de la Galice aux régions vascocantabriques. Ainsi, lors du bimestre Oct-Nov, par rapport au nombre de jours perturbés d'O, la fréquence relative des jours pluvieux, recevant au moins 12 mm d'eau est plus forte dans le Guipuzcoa en ce qui concerne les perturbations d'O éloignées septentrionales, et par contre plus élevée dans le Minho en ce qui concerne les perturbations d'O plus proches qui suivent des trajectoires comprises entre le parallèle 50° et la côte cantabrique.

| INTENSITES DES PRECIPITATIONS JOURNALIERES<br>AVEC PERTURBATIONS D'O - Oct-Nov 1946-1965<br>en % du nombre de jours des types de perturbations d'O |    |     |     |      |      |      |   |        |  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|-----|-----|------|------|------|---|--------|--|
| A - Perturbations d'O éloignées septentrionales (I et II).                                                                                         |    |     |     |      |      |      |   |        |  |
|                                                                                                                                                    | 0  | <3≤ | <6≤ | <12≤ | <24≤ | <50≤ |   | P>12mm |  |
| PORTO                                                                                                                                              | 1  | 41  | 18  | 19   | 15   | 5    | 1 | 21     |  |
| LA COROGNE                                                                                                                                         | 4  | 32  | 19  | 25   | 12   | 8    |   | 20     |  |
| S. SEBASTIEN                                                                                                                                       | 10 | 34  | 15  | 13   | 20   | 5    | 8 | 28     |  |
| B - Perturbations d'O proches (IVm - IV g)                                                                                                         |    |     |     |      |      |      |   |        |  |
| PORTO                                                                                                                                              | 6  | 15  | 19  | 31   | 23   | 6    |   | 29     |  |
| LA COROGNE                                                                                                                                         | 4  | 29  | 12  | 18   | 27   | 10   |   | 37     |  |
| S. SEBASTIEN                                                                                                                                       | 10 | 24  | 14  | 22   | 20   | 10   |   | 30     |  |

Il est certain que les facteurs géographiques qui interviennent en été pour rendre plus actives les perturbations d'O dans le fond du golfe de Gascogne, doivent encore agir en automne. Plus particulièrement, en octobre et encore en novembre, les eaux océaniques de surface restent encore plus chaudes dans cette région que les eaux en bordure de la Galice septentrionale. Ces conditions thermiques favorables à une plus forte évaporation dans le fond du golfe de Gascogne contribuent à rendre plus instables les masses d'air polaire maritime avant leur arrivée sur les Cantabriques et le Pays Basque. Toutefois, le renforcement de l'instabilité potentielle est seulement responsable du déclenchement de fortes pluies lorsque les masses d'air ainsi évoluées abordent ces dernières régions par le NO.

De fait, les résultats de cette étude fréquentielle des précipitations journalières masquent une réalité plus



mouvante, une très forte variabilité des effets régionaux des perturbations d'O relevant d'un même type.

Comme nous l'avons montré pour l'hiver, les variations des caractères régionaux du temps perturbé d'O dépendent des données de la circulation en altitude, de l'évolution du mouvement ondulatoire des grands courants d'O, plus exactement de la direction générale de ces courants dans la moyenne troposphère, au-dessus des régions septentrionales de la Péninsule Ibérique.

- A) LES TYPES DE TEMPS PERTURBES D'O TRES PLUVIEUX DANS LE  
-----  
MINHO ET LA GALICE.  
-----

Le temps doux perturbé d'O apporte des précipitations plus abondantes dans le Minho, la Galice et l'extrémité des Cantabriques occidentales quand les éléments fondamentaux de la perturbation : fronts, advection finale d'air maritime froid instable, continuent à évoluer sous le versant oriental de la vallée planétaire où domine un flux d'OSO. Dans ce cas, la façade septentrionale des Asturies et les régions basques occupent une situation d'abri ; le tassement des masses d'air en direction<sup>du</sup> golfe de Gascogne atténue les mouvements ascendants lorsqu'il ne provoque pas des effets de foehn localisés. Cet aspect géographique de l'ambiance atmosphérique est le fait de toutes les perturbations d'O qui évoluent sous ce flux OSO, quelle que soit la trajectoire suivie par la perturbation.

1°) Perturbation d'O éloignée active dans les régions occidentales - 8-9 nov. 1961.

Pendant ces deux jours qui marquent le début d'une semaine très pluvieuse dans l'ensemble du domaine océanique, une perturbation d'O liée à une dépression islandaise balaie l'Europe Occidentale. Son évolution sur le N de la Péninsule Ibérique est responsable, dans les différentes régions, d'un enchaînement d'états de l'atmosphère qui représente une séquence remarquable d'un type de temps perturbé d'O.

Les rythmes diurnes des différents éléments climatiques et de leurs combinaisons sont effectivement calqués sur les différentes phases de la perturbation. Partout durant la journée du 8 novembre, l'arrivée du front chaud se traduit par une nette augmentation des températures ; un temps doux et même tiède pour la saison, avec un ciel très couvert, remplace le temps frais aux belles éclaircies du secteur antérieur. Partout, le plafond nuageux s'abaisse et les pluies tombent drues à l'approche et au passage du front froid. Partout enfin, le temps de traîne froid et humide présente des caractères similaires, sauf peut-être dans le Minho où les éclaircies sont plus fréquentes.

En réalité, le fait fondamental est la forte activité de cette perturbation qui s'explique par l'affrontement de masses d'air polaire maritime fortement contrastées : une masse d'air maritime chaud, abondamment chargée d'humidité (rapport de mélange 7 à 9g dans les basses couches), et à la limite des conditions d'instabilité sélective, une masse d'air maritime postérieure, très froide, instable par suite de la valeur élevée du gradient thermique vertical dans les niveaux inférieurs (radio-sondages La Corogne fig.1.25). Dans ces conditions, le premier front froid est très actif. Mais, si l'on tient compte de la répartition horaire des pluies, il semble

bien que les fortes précipitations débutent avant l'arrivée de ce front, en liaison avec les bandes d'instabilité maximales développées parallèlement au front, à l'intérieur de l'air polaire chaud et humide<sup>(9)</sup>. D'ailleurs les apports pluviométriques sont beaucoup plus faibles lors du passage du second front, séparant deux masses d'air maritime froid.

Toutefois, l'intensité des effets pluviométriques n'est pas constante dans tout le domaine océanique. C'est en Galice que la violence de l'épisode pluvieux est la plus évidente ; la plupart des stations : La Corogne, Santiago, Labacolla, aérodrome de Vigo, reçoivent 30 à 40 mm dans la seule nuit du 9 novembre. En revanche, vers le S en direction du Minho, l'activité du front semble s'atténuer, par suite de la position d'abri de cette région, par rapport à la direction générale NS suivie par le front.

Les pluies alimentées par l'air polaire chaud sont encore abondantes dans les Asturies. L'évolution rapide de la circulation zonale fait que dans les régions littorales cantabriques l'on passe brutalement d'un temps chaud, lourd, nuageux, à un temps doux très pluvieux. Dans le premier stade, l'air chaud est entraîné par un flux de S sous le versant oriental de la vallée planétaire et est soumis à un effet rabattant, tandis que dans le deuxième stade, l'air du secteur chaud à l'approche du front froid est dirigé contre les massifs montagneux par la circulation générale du NO qui s'établit cette fois sur le versant occidental de la vallée planétaire. Or justement, cette circulation de NO s'installe dans le fond du golfe de Gascogne lorsque le front froid atteint le Guipuzcoa qui reçoit seulement des pluies froides pendant et après le passage de la surface de discontinuité. Car ici, c'est le soulèvement en bloc de l'air froid instable poussé par le flux de NO, qui alimente les averses enregistrées dans la journée du 9. Ainsi, l'on retrouve dans les régions basques le caractère fortement contrasté du temps perturbé d'O de

---

(9) Toujours selon le modèle du K.A. BROWNING et T.W. HARROLD  
op. cit.



l'hiver, avec cette succession rapide d'états de l'atmosphère fort opposés.

2°) La dégradation dans les régions Vascocantabriques d'un mauvais temps pluvieux lié à une perturbation d'O sur la Manche. 12-14 octobre 1952.

L'extension d'une puissante coulée polaire issue du Groenland provoque la formation d'ondulations du front polaire dans les régions centrales de l'Atlantique N. L'une d'elles donne naissance au N des Açores à une perturbation (D6) qui se dirige rapidement vers l'O pour pénétrer le 13 octobre 1952 en Europe Occidentale à la latitude du parallèle 50° (fig.1.27). Bien que cette perturbation atteigne la Manche à un stade de maturité caractérisé par un début d'occlusion, seuls front froid et un autre front froid secondaire traversent le domaine océanique, chassant l'air polaire maritime du secteur chaud.

C'est pourquoi toutes les régions océaniques connaissent un enchaînement des états de l'atmosphère qui comprend trois phases :

- un temps très doux mais très couvert de secteur chaud qui débute dans l'après-midi 12 en Galice, dans la soirée sur le Guipuzcoa et la région de Santander où les maximums thermiques dépassent 21°.
- un temps très nuageux et pluvieux dans la nuit et la matinée du 13 octobre 1952 au passage du front froid dont l'activité diminue sensiblement dans les régions vascocantabriques.
- un temps de traîne dont le déroulement est à peine interrompu par le passage du front froid secondaire ; les caractères de la masse d'air froid

expulsé expliquent des averses géographiquement mieux réparties et également une baisse plus forte de la température dans le Guipuzcoa.

Bien sûr, nous retrouvons un rythme thermique plus contrasté, si typique de l'évolution des perturbations d'O dans les régions vascocantabriques, mais le fait essentiel de l'action climatique de ce type de perturbation réside dans la diminution rapide des précipitations de la façade occidentale au fond du golfe de Gascogne, toutes conditions topographiques égales par ailleurs (fig.1.25).

#### L'origine de la dégradation pluviométrique vers l'E

A part les fonds des Rías Bajas, quelque peu abrités par rapport au déplacement général NO-SE des fronts, la Galice et le Minho reçoivent de fortes précipitations d'autant plus intenses qu'elles sont recueillies en moins de six heures, lors du passage du front froid actif avec son corps nuageux dense formé de Ns et Cb. La forte activité frontale s'explique par l'instabilité des masses d'air en présence. L'analyse des radiosondages effectués à partir du point K souligne la présence dans le secteur chaud d'un air maritime chaud saturé et instable. Or, cette masse d'air très humide est soulevée violemment par une masse d'air froid qui présente les conditions d'instabilité sélective et même d'instabilité absolue. De fait, son taux de décroissance de la température avec l'altitude est très élevé, puisqu'il dépasse même, au-dessous de 1000 m, le taux de l'adiabatique sèche. Toutes les conditions atmosphériques sont remplies pour provoquer de forts mouvements ascendants qui sont évidemment intensifiés par les effets orographiques. D'ailleurs, des précipitations préfrontales se produisent dans l'après-midi du 12 octobre sur les hauteurs exposées aux vents d'ouest.

Par contre, sur le versant septentrional des Cantabriques et des hauteurs basques les mouvements ascendants de l'air maritime chaud sont entravés par le flux OSO qui se maintient pendant toute la journée du 13 octobre. L'effet rabattant de ce courant oblique est suffisant pour disloquer le système nuageux frontal. L'inégalité régionale cesse lorsque le versant occidental de la vallée planétaire s'installe sur le golfe de Gascogne provoquant un changement de direction de la circulation troposphérique. L'air froid instable du secteur postérieur de la dépression vient alors du NO et son soulèvement en bloc est à l'origine de la formation de nuages d'instabilité (Cu-Cb) qui alimentent de fréquentes averses.

3°) Des précipitations intenses sur la Galice et le Minho provoquées par une perturbation d'OSO à travers le golfe de Gascogne - Ex. 16-17 nov. 1960.

En automne, les courants perturbés, liés à une circulation zonale rapide empruntent moins fréquemment la trajectoire longeant le parallèle 45° que pendant l'été. En revanche, ils provoquent en général des précipitations de fortes intensités journalières sur la Galice et le Minho. Mais cette fois encore, les effets climatiques de ces types de situation dépendent de la direction suivie par les fronts qui accompagnent les perturbations. Les Rías Bajas et le Minho reçoivent des précipitations beaucoup plus abondantes que la Galice septentrionale lorsque les fronts abordent la Péninsule Ibérique selon une orientation à composante SO-NE, tandis que les Asturies orientales et le Pays Basque sont faiblement arrosés.



a) Les origines de la perturbation proche.

La succession de grandes cellules cycloniques polaires du N du Canada au S de l'Islande est à l'origine d'une circulation zonale rapide dans les latitudes moyennes, au cours du mois de novembre 1960. Par suite, vers la mi-novembre les courants d'ouest qui atteignent des vitesses élevées dans la haute troposphère (jet stream de 150 à 200 km/h entre les niveaux isobariques 500 et 300 mb), oscillent entre les parallèles 35° et 45°. C'est dans l'axe d'une des vallées cycloniques qu'une dépression secondaire se creuse au N des Açores dans la nuit du 16, corrélativement à l'apparition d'une ondulation du front qui sépare l'air Pm chaud de l'air Pm froid (fig. 128). La perturbation est encore à son stade de jeunesse lorsqu'elle passe en fin d'après-midi du 16 novembre 1960 entre la position du navire météorologique au point K et la Galice, pour se diriger vers la Bretagne. Dès lors, front chaud, secteur chaud et front froid se succèdent selon le schéma normal d'une perturbation de front polaire.

b) La forte pluviosité en Galice et dans le Minho.

En fait, la pointe du secteur chaud se déplace à proximité du NO de la Péninsule Ibérique, et les formations nuageuses des surfaces frontales sont soudées en un vaste corps constitué de nimbostratus et de stratocumulus épais. Dans ces conditions, le ciel reste entièrement couvert, de sorte qu'il pleut d'une façon continue, pendant l'après-midi du 16 et la nuit du 17 novembre. Aussi, d'importantes quantités d'eau sont-elles recueillies pendant cette période inférieure à 24 h. Cependant, les intensités pluviométriques augmentent régulièrement vers le sud en direction du Minho où des pluies diluviennes s'abattent sur les hauteurs les mieux exposées aux vents de SO à O. Entre 16 novembre 18 h et le 17 - 18 h, la Corogne reçoit 38 mm, mais le pluviomètre

enregistre déjà 73 mm à Santiago-Labacolla, 44 mm à Vigo. Les précipitations se produisent un peu plus tôt dans le Minho qui est dans l'ensemble beaucoup plus arrosé. Les quantités d'eau recueillies entre le 16 - 9 h et le 17 - 9 h, donnent une idée dans l'ensemble exacte des pluies apportées par cette perturbation ; si les régions littorales enregistrent des totaux pluviométriques du même ordre de grandeur que ceux des stations du centre et du S de la Galice (Porto 51 mm, Braga 78 mm), en revanche, sur les massifs du Minho au-dessus de 800 m, les stations recueillent 100 à 150 mm (Sezelhe - Juncêda - Outeiro do Gerês) et parfois près de 200 mm, comme Leonte et Albergaria sur le versant SO de la Serra do Gerês !

Le déroulement et les effets de cette perturbation n'est pas sans rappeler le type de temps perturbé d'ouest du début de l'été 1958 du 25-26 juin (fig 3.77). Non seulement, la localisation géographique des précipitations présente des traits communs dans les deux cas, mais encore la répartition des pluies selon l'évolution de la perturbation est la même. En particulier dans le Minho, en tenant compte de la répartition horaire des pluies à Porto, les 3/5 des précipitations sont recueillies avant les premières heures du 17 novembre, c'est-à-dire avant l'arrivée au sol du front froid. Ainsi, il semble bien, malgré l'absence de radiosondage à La Corogne que cette fois encore les fortes précipitations sont dues essentiellement à l'accroissement des mouvements ascendants au sein de la masse d'air Pm chaud, à l'approche du front froid.

Mais, comme l'air Pm chaud se refroidit rapidement vers le N en pénétrant en coin dans l'air maritime froid, c'est surtout dans le S de la Galice et le Minho que l'invasion du secteur chaud influence de régime thermique diurne :

|            | 15 novembre | 16 novembre |      | 17 novembre |      |
|------------|-------------|-------------|------|-------------|------|
|            | Max.        | Min.        | Max. | Min.        | Max. |
| LA COROGNE | 15°         | 10°         | 13°  | 12°         | 14°  |
| VIGO       | 16°         | 12°         | 17°  | 11°         | 16°  |
| PORTO      | 15°         | 14°         | 16°7 | 8,4         | 16°8 |
|            | Pm froid -  | Pm chaud +  |      | Pm froid -  |      |

Le léger réchauffement qui se fait sentir dans l'après-midi du 17 et qui marque la fin du temps perturbé d'O survient pourtant à la suite d'une expulsion d'air polaire à l'arrière du front froid. L'affaissement de l'air froid entraîne le début de la formation d'une dorsale barométrique peu épaisse et par voie de conséquence une amélioration sensible du temps, avec un ensoleillement assez élevé dans les régions plus méridionales, comme dans la région de Porto où l'insolation relative atteint même 70 %.

c) La brutale diminution des précipitations dans les Asturies orientales et le Pays Basque.

Bien que le front actif balaie toutes les régions vascocantabriques, celles-ci connaissent un temps beaucoup moins pluvieux. Pendant la nuit du 17 novembre, les précipitations sont encore fortes sur la bordure littorale des Asturies occidentales : Gijón en moins de douze heures reçoit encore 22 mm. Mais à partir des Picos de Europa, les précipitations diminuent brutalement ; Sotres à 1000 m au coeur de ce massif reçoit à peine 8 mm. Aussi le contraste est-il éclatant entre les hauteurs du Minho où s'abattent des pluies diluviennes, et les hauteurs basques où l'intensité des pluies est d'une faiblesse inattendue dans une région si réputée pour sa pluviosité ; Articuza recueille tout juste 4 mm.



C'est qu'en fait, la cause essentielle des fortes pluies du Minho disparaît ici : l'air maritime chaud instable, entraîné par le courant d'O-SO n'est plus violemment soulevé à l'avant du front. Cette fois encore, l'effet rabattant, l'affaissement de l'air chaud s'accompagne d'un appauvrissement du système nuageux. Toutefois, le vent dans la moyenne troposphère est trop fort pour permettre l'effet de foehn et le dégagement total du ciel. Seules les températures maximales plus élevées 15° à Gijón , 19° à Santander , 15° à Punta Galea, attestent de la position d'abri de ces régions.

- B) LES PERTURBATIONS D'O PARTICULIEREMENT ACTIVES DANS LES  
-----  
REGIONS VASCOcantabriques.  
-----

En automne, les perturbations d'O ne provoquent pas de simples différences de rythme à l'intérieur du domaine océanique. Leur activité peut avoir également des effets pluviométriques régionalement inversés ; selon une proportion à peu près équivalente à celle des perturbations d'O très pluvieuses dans les régions occidentales, certaines perturbations d'O sont responsables de temps très pluvieux limités aux régions vascocantabriques seulement. Bien sûr, comme nous l'avons déjà vu, les épisodes pluvieux postfrontaux apparaissent lorsqu'une circulation d'O-NO s'établit dans la moyenne troposphère avec l'arrivée du versant occidental de la vallée planétaire au-dessus du golfe de Gascogne. Mais cette fois, la convergence de facteurs atmosphériques fait que l'activité des fronts froids est exacerbée dans les Asturies et le Pays Basque.

Ce renforcement de l'activité par rapport à celle qui se développe dans la Galice et le Minho, est régulièrement liée à des situations atmosphériques bien typées à l'échelle continentale.

1°) L'installation du versant occidental de la vallée planétaire avant l'arrivée du front froid. Exemples des perturbations d'O des 7 et 9 octobre 1964.(fig. 129)

Le début de cette deuxième semaine d'octobre 1964 est caractérisé par le déferlement de deux perturbations d'O, entraînées par une circulation zonale très rapide avec la présence d'un jet violent dont les ondulations de part et d'autre du parallèle 50° sont déjà visibles au niveau 500 mb. Ces deux perturbations ne suivent pas les mêmes trajectoires ; la première est liée à une profonde dépression (980 mb) qui se déplace sur le parallèle 60°, la seconde, née sur une ondulation du front polaire au milieu de l'Atlantique, s'engouffre dans le couloir de la Manche. Mais toutes les deux se rapprochent par leurs effets climatiques régionaux, l'une comme l'autre provoque des précipitations beaucoup plus abondantes dans les Asturies orientales et le Pays Basque que dans la Galice et le Minho. Les différences géographiques qui opposent les stations littorales, sont encore plus sensibles dans les régions montagneuses ; pendant cette séquence de trois jours de temps perturbé d'O, le maximum pluviométrique recueilli en 24 Heures atteint 80 mm à Articuza dans les hauteurs basques (600 m d'altitude), mais seulement 30 mm à Leitariegos, dans les Asturies occidentales (1500 m).

Nous avons donc bien affaire à une répartition géographique de l'activité de ces perturbations d'O opposée à celle que nous avons étudiée précédemment.

a) Une succession d'états de l'atmosphère très contrastés et d'abondantes précipitations de front froid dans les régions basques avec la perturbation d'O septentrionale - 7-8 octobre 1964.

Nous retrouvons le rythme des températures imposé par les différentes phases de la perturbation. D'abord, un temps chaud avec une poussée thermique qui dépasse  $23^{\circ}$ , marque l'écoulement de l'air maritime du secteur chaud durant la journée du 7. L'affaïssement de cet air Pmw ( $\theta'w = 16^{\circ}$ ) explique les températures maximales plus élevées des stations littorales vascocantabriques par rapport aux maximums thermiques enregistrés en Galice et dans le Minho (fig. 129), sans que l'on puisse pour autant parler d'effet généralisé de foehn car l'élévation de température au cours de la descente n'atteint pas le taux d'accroissement adiabatique en masse d'air non saturé, même si le gain de température est élevé à S. Sébastien (comparer les températures maximales des différentes stations sur l'émagramme). Il ne pleut pas sur le versant méridional des Cantabriques, et le ciel reste assez couvert sur le golfe de Gascogne.

Quoi qu'il en soit, ce temps chaud ne dure guère ; l'approche du front froid provoque une chute brutale de la température qui est très sensible au passage du front froid dans la matinée du 8, à Santander et à S. Sébastien. Corrélativement, des précipitations abondantes se produisent au passage du front froid qui aborde le fond du golfe de Gascogne en suivant une direction plus méridienne NNO-SSE. C'est que dans la moyenne troposphère, les ondulations des courants d'O se déplacent rapidement vers l'E ; dès le début de la nuit du 8 octobre, l'axe de la vallée planétaire atteint la côte aquitaine, de sorte que le front froid et les masses d'air maritime instable évoluent sous un courant de NO et viennent se heurter aux obstacles topographiques. Soulèvement en bloc



des masses d'air, en particulier celui de l'air chaud antérieur potentiellement instable, déformation du front sont autant de facteurs qui favorisent les fortes chutes de pluies dans la région de Santander et le Guipuzcoa.

b) Un type de temps très pluvieux sans phase chaude avec la perturbation d'O sur la Manche du 9 octobre 1964.

Cette fois pas de succession de temps très contrasté ; bien que l'air maritime chaud soit de même nature que celui de la perturbation précédente, l'irruption du secteur chaud ne se traduit pas par une poussée thermique originale dans les régions vascocantabriques. De plus, les précipitations abondantes de ces régions sont dues au passage du système nuageux dense (Ns et St bas) qui unit front chaud et front froid. Contrairement au cas précédent, dans le fond du golfe de Gascogne, le front chaud actif et les bandes d'instabilité maximales continuent à se développer, alimentant des précipitations également importantes à l'avant du front froid.

Ces conditions atmosphériques et leurs effets climatiques régionaux sont nettement en rapport avec l'installation permanente d'un flux rapide ONO dans la moyenne troposphère. Tous les éléments de la perturbation d'O évoluent en effet sous le versant occidental de la vallée planétaire où le jet de NO passant au-dessus du golfe de Gascogne continue à se renforcer (150 à 200 km/h. à 5600 m à l'entrée du golfe). Dès lors, les mêmes causes produisent les mêmes effets ; le soulèvement des masses d'air et des fronts, la canalisation de l'écoulement entre les Pyrénées occidentales et les Picos de Europa accentuent les mouvements ascendants.

2°) Type de temps perturbé d'O très pluvieux dans les régions vascocantabriques avec interférence du front froid et d'une perturbation de SO méditerranéenne - Ex. 3-4 octobre 1955.

De fait, les causes qui interviennent pour rendre les fronts associés aux perturbations d'O plus actifs dans les régions vascocantabriques sont multiples, et comme en été leur action simultanée favorise une cyclogénèse localisée dans le fond du golfe de Gascogne. De plus en automne, cette cyclogénèse peut être renforcée par l'interférence d'une perturbation d'O et d'une perturbation de SO qui balaie la Péninsule Ibérique, à la suite d'une brutale expansion vers le S d'une vallée froide du courant zonal rapide.

Ainsi, le temps très pluvieux du 3 et 4 octobre 1965 dans les régions vascocantabriques qui en première analyse est lié au passage d'un front froid d'une perturbation d'O septentrionale, ne présente guère d'originalité par rapport aux situations étudiées précédemment. La répartition géographique des pluies présente les mêmes aspects généraux : des pluies abondantes localisées sur le versant septentrional de l'axe montagneux, hauteurs basques - massif cantabrique, des abats pluviométriques encore assez forts dans la Galice septentrionale, et enfin de faibles précipitations dans la Galice méridionale et le Minho. Cependant cette fois, les contrastes pluviométriques sont nettement plus accentués : comme le montre l'étude de la répartition diurne des pluies (fig. 130) : en vingt quatre heures consécutives S. Sébastien-Igueldo reçoit 64 mm - Santander 47 mm, alors que le total recueilli à Vigo à Porto est insignifiant.

Pourtant, toutes ces régions atlantiques sont affectées directement par une situation synoptique dont les données essentielles ne sont guère différentes. Le Minho comme le Pays Basque sont situés dans le secteur SO d'une dépression

d'O se déplaçant au N de l'Ecosse et ils sont traversés dans la nuit du 4 octobre par le même front froid. Seulement, corrélativement, une perturbation de SO du front méditerranéen (fig. 130) atteint l'O du Bassin de l'Ebre et la Navarre, c'est-à-dire que cette perturbation qui est encore à son stade de jeunesse frôle les hauteurs basques à peu de distance du front froid de la perturbation d'O. Cette convergence ne peut qu'accélérer les mouvements ascendants de l'air chaud méditerranéen humide, au-dessus de l'air polaire maritime qui présente, de plus, des conditions d'instabilité potentielle (fort gradient d'humidité selon le radiosondage de Bordeaux du 3 octobre 2 h) et qui est lui-même soulevé par l'arrivée du front froid. Cette interférence s'effectue sur le versant oriental de la vallée froide de courant d'O, c'est-à-dire là où le tourbillon relatif augmente. Autrement dit les facteurs dynamiques et les facteurs thermiques se combinent pour augmenter la hauteur de la colonne atmosphérique au-dessus du golfe de Gascogne. Par voie de conséquence la nouvelle accélération du tourbillon relatif qui en résulte entraîne la formation d'une colonne cyclonique dans cette région dont l'existence apparaît dans la moyenne troposphère où s'accumule de l'air froid. A son tour la présence de cette goutte froide (- 20° à 500 mb) entretient l'instabilité qui explique la continuation des précipitations bien après le passage du front froid, en particulier pendant la journée du 4 octobre dans la région de Santander.

Nous retrouvons là, les conditions estivales d'une cyclogenèse localisée, avec formation de colonnes dépressionnaires isolées dont l'évolution s'effectue à l'arrière du front froid d'une perturbation d'O éloignée ; une cyclogenèse qui en automne est toutefois favorisée par l'interférence de deux types de perturbation.

En définitive, ces types de temps d'O, de par leurs aspects pluviométriques se rapprochent des types de temps liés aux situations synoptiques qui sont responsables dans les régions vascocantabriques de la combinaison de précipitations intenses et de faibles températures.



## Ic- LES TYPES DE TEMPS CYCLONIQUES FRAIS EN AUTOMNE

-----

La concentration des fortes pluies sur les régions vascocantabriques s'affirme avec les passages des perturbations qui suivent des trajectoires subméridiennes proches du fond du golfe de Gascogne. Elles provoquent des advections de longue durée de masses d'air froid maritime dont l'instabilité augmente au-dessus de ces régions vascocantabriques : forte évaporation, effets topographiques... ce sont bien sûr, comme pendant les autres saisons les perturbations de NO, mais également, comme en été et au printemps, les perturbations de S-SO qui traversent en diagonale la Péninsule Ibérique, débouchant parfois directement sur le Guipuzcoa.

### - A) LES TYPES DE TEMPS PERTURBES de S-SO FRAIS PLUS HUMIDES ----- DANS LES REGIONS VASCOcantabriques. LE PROLONGEMENT DES ----- CONDITIONS ESTIVALES. -----

Par opposition à ce qui se passe au printemps, ces perturbations de S-SO évoluent rarement sur les bordures orientales des coulées polaires issues de Scandinavie ; dans une très grande proportion, ces perturbations de S-SO sont liées à des coulées venues du NO de l'Atlantique N qui entraînent l'advection de masses d'air polaire maritime d'origine froide, mais dont les basses couches se sont légèrement réchauffées. Dans ces conditions synoptiques générales, ces types de temps de SO sont nettement moins froids qu'au printemps, et offrent des aspects qui les rapprochent de ceux de l'été.

De fait, le conflit entre, d'une part ces masses d'air polaire maritime instable et, d'autre part l'air chaud dont la capacité est renouvelée sur le Bassin Méditerranéen,

explique la forte activité de ces perturbations dans le fond du golfe de Gascogne. Cette activité est d'autant plus élevée dans cette région, que l'air chaud humide est fortement refoulé en altitude et que les basses couches de l'air froid continuent à s'échauffer et à s'humidifier au-dessus du Golfe où les eaux océaniques restent encore tièdes en automne<sup>(1)</sup>.

Dès lors, la fréquence des fortes pluies journalières est très élevée avec ce type de perturbation de SO dans le Guipuzcoa par exemple :

| FREQUENCES DES PERTURBATIONS JOURNALIERES AVEC TYPES DE TEMPS PERTURBES DE SO FRAIS - Automne : Sept. Oct. Nov. 1946-1965 |                                                    |    |     |    |     |     |      |     |      |       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|----|-----|----|-----|-----|------|-----|------|-------|
|                                                                                                                           | en % du nombre de jours de ce type de perturbation |    |     |    |     |     |      |     |      |       |
|                                                                                                                           | 0                                                  | <3 | ≤ 3 | <6 | ≤ 6 | <12 | ≤ 12 | <24 | ≤ 24 | >12mm |
| S. SEBASTIEN                                                                                                              | 0                                                  | 6  | 6   | 24 | 25  | 27  | 9    | 3   | 64   |       |
| LA COROGNE                                                                                                                | 26                                                 | 17 | 31  | 20 | 6   |     |      |     | 6    |       |
| PORTO                                                                                                                     | 10                                                 | 7  | 3   | 7  | 5   |     |      |     | 5    |       |
|                                                                                                                           |                                                    |    |     |    |     |     |      |     |      |       |
|                                                                                                                           |                                                    |    |     |    |     |     |      |     |      |       |

Par rapport au type de temps doux lié aux perturbations de SO passant à l'O de la Galice, les proportions entre les principales régions climatiques sont complètement inversées.

Dans le détail en automne, ce genre de perturbations de SO ibérique se forme et évolue plus fréquemment dans le secteur oriental des grandes colonnes cycloniques stabilisées,

(1) Cf. les régimes thermiques des eaux océaniques de surface en bordure des régions océaniques : il faut rappeler qu'en octobre la température de surface des eaux du fond du golfe de Gascogne dépassent de près de 1° celle des eaux littorales de la Galice septentrionale et du Minho.

soit à l'O de l'Irlande ou au NO du golfe de Gascogne, soit à l'O de la Péninsule Ibérique, de sorte que le plus souvent ce type de temps succède soit à un type de temps cyclonique chaud soit à un type de temps très chaud dans les régions vascocantabriques.

1°) Perturbation de SO à travers l'Espagne au SE d'une dépression irlandaise : 3 octobre 1960 - Types de temps pluvio-orageux dans le Minho et le Pays Basque.

Cette séquence des états de l'atmosphère dans le domaine océanique succède effectivement au type de temps perturbé de SO doux lié à une dépression stabilisée à l'O de l'Irlande, le 1 et 2 octobre<sup>(2)</sup>. En fait, par rapport à ces deux jours, la situation synoptique à l'échelle continentale ne s'est pas modifiée. La Péninsule Ibérique est toujours située dans le secteur SE d'une vaste colonne dépressionnaire isolée, stabilisée à l'O de l'Irlande, et le domaine océanique est entièrement envahi par l'air polaire maritime froid qui a chassé le front froid. La situation du 3 octobre semble donc prolonger la phase de traîne de la perturbation de SO sur la Galice, du 1 et 2 octobre.

Toutefois, la recrudescence des précipitations accompagnées de phénomènes orageux qui se produit durant la nuit dans le Minho et pendant la journée du 3 octobre dans le Guipuzcoa, n'est pas due simplement au caractère instable de cet air maritime froid postérieur. C'est en réalité le résultat d'un nouveau type de temps plus frais que celui de la veille (fig. 131 B).

---

(2) cf. supra chapitre Ia-B.



De fait, des ondulations du front froid apparaissent dans la nuit du 3, pour évoluer ensuite du Portugal au Massif Central français. Les perturbations de SO qui en résultent se déplacent ainsi, des Sierras Centrales aux Pyrénées et semblent ne pas affecter directement le Finho et le Pays Basque (fig.131a). Mais, les épisodes pluvieux signalés à Porto et à S. Sébastien, ne peuvent s'expliquer que par la présence de formations nuageuses prolongeant les pointes de secteurs chauds des ondulations frontales. Ces formations nuageuses résultent du refroidissement brutal dans la colonne froide de l'air polaire maritime chaud mélangé certainement à de l'air méditerranéen humide. Ces poussées d'air chaud sont déjà refoulées en altitude lorsqu'elles arrivent dans le NO de la Péninsule Ibérique ; refroidissement brutal et soulèvement de l'air chaud sont alors favorables au développement de nuages d'instabilité (Cu - Cb) qui provoquent les phénomènes pluvio-orageux. L'existence d'une pénétration chaude dans la moyenne troposphère est confirmée par le radiosondage du 3 de la Corogne qui indique un net réchauffement de l'atmosphère vers 3000 m.

Ainsi, le versant N des Pyrénées et des hauteurs basques ne peuvent échapper à l'action de ces formations nuageuses qui tendent à se développer vers l'O en direction du golfe de Gascogne, selon la pénétration de l'air chaud perpendiculairement à la direction des isobares (modèle barocline).

2°) Perturbations de S-SO par le fond du golfe de Gascogne, sur la bordure E d'une dépression stable portugaise - Les pluies diluviennes orageuses dans les régions vascocantabriques (30 septembre - 1er octobre 1949).

Pendant le mois de septembre 1949, comme pendant l'été 1949, s'installe en permanence une circulation méridienne lente, caractérisée pendant les deux dernières décades de

septembre par l'extension, face à l'Europe occidentale, d'une vallée planétaire d'où se détache fréquemment des gouttes froides des colonnes dépressionnaires qui se stabilisent sur le Portugal. Ainsi, les derniers jours de ce mois sont caractérisés par une telle situation synoptique dont les effets varient.

D'abord les 28 et 29 septembre, les conflits qui opposent les masses d'air polaire maritime instable à l'air chaud méditerranéen, renforcé par une poussée d'air tropical continental, entretiennent des temps assez chauds et orageux sur l'ensemble de la Péninsule Ibérique et plus particulièrement dans le Minho et la Galice. Cependant au cours de leur déplacement vers le N, les fronts orageux qui résultent de ces conflits se disloquent sur la retombée septentrionale des Cantabriques où règne alors un temps orageux beaucoup plus chaud (26-27°) et moins pluvieux. Puis le 30 septembre dans ces régions vascocantabriques, les températures diminuent brusquement pour atteindre des valeurs inférieures aux normales ; maximum thermique 16°, 17° dans la plupart des stations littorales. Or, cette baisse brutale de température s'accompagne de précipitations intenses qui atteignent dans le Guipuzcoa et la province de Santander, des proportions diluviennes ; en 24 heures consécutives dans la journée du 30 et la nuit du 1er octobre, San Sebastián reçoit 119 mm et Santander 138 ! Pourtant, l'analyse des cartes synoptiques confirme le maintien du régime perturbé de S-SO (fig.131B).

De fait, la perturbation D7 qui s'est creusée au-dessus de la Péninsule Ibérique le 29 dans le secteur E de la colonne froide isolée, se déplace vers le NE pour déboucher le lendemain sur le fond du golfe de Gascogne et envahir le Bassin d'Aquitaine. C'est bien l'arrivée du front froid de cette dépression qui est responsable des phénomènes pluvio-orageux intenses. L'extraordinaire activité de cette perturba-

tion de S-SO peut s'expliquer par le fait que les formations nuageuses s'enroulent en spirale autour de la colonne cyclonique et viennent frapper par le N les régions accidentées du Pays Basque et des Asturies Orientales, comme le montrent les récentes photos de satellites correspondant à des situations similaires. Mais en réalité, le développement de ces abondantes formations nuageuses est lié à deux faits essentiels : à l'instabilité de l'air maritime qui se répand dans le golfe de Gascogne et le Bassin d'Aquitaine, à l'arrivée du front froid<sup>(3)</sup> et surtout à l'advection d'air plus froid en altitude, à la suite du déplacement vers l'E dans la moyenne troposphère de la cellule froide isolée.

Ainsi finalement, ce temps perturbé de SO intensément pluvieux évolue dans des conditions atmosphériques similaires à celles des autres types de temps perturbés associés à une "goutte froide" dans le fond du golfe de Gascogne et toujours responsables de précipitations d'une exceptionnelle intensité dans les régions basques.

3°) Type de temps perturbé de S frais, lié à la formation d'une goutte froide secondaire sur le golfe de Gascogne - Les pluies diluviennes du 25 septembre 1959.

Effectivement, les pluies peuvent atteindre des intensités remarquables lorsqu'un tourbillon cyclonique froid se développe dans le fond du golfe de Gascogne, entretenant une perturbation très active de S. Ainsi, dans la nuit et la journée du 25 septembre 1959, un véritable déluge s'abat sur les régions basques (fig. 132) en 24 heures, du 24 au soir au 25 au soir, les pluviomètres recueillent d'énormes quantités d'eau : 130 mm

---

(3) Radiosondage à Bordeaux (3 h) analysé dans le BQE du 1er octobre



à S. Sébastien, 195 à Irun et plus de 200 mm dans la région de Biarritz ! Les pluies intenses qui provoquent des crues soudaines de quelques rivières basques<sup>(4)</sup> tombent également sans arrêt sur les hauteurs intérieures du Guipuzcoa, des Provinces de Bilbao et de Santander. Cependant, sur les régions littorales, les précipitations s'atténuent rapidement vers l'O ; dans les Asturies à partir de la région de Gijon les pluies enregistrées ne dépassent guère 10 mm et deviennent insignifiantes dans la Galice septentrionale. C'est donc surtout dans les Asturies orientales et le Pays Basque que règne un temps très pluvieux, accompagné d'une baisse sensible des températures minimales : de 18° la nuit du 24 à 16° la nuit du 25 à Santander, de 18 à 14° à S. Sébastien-Igueldo. Sous un ciel sombre et bas, une première sensation de fraîcheur s'installe en ce début d'automne. Néanmoins le caractère climatique fondamental réside bien dans l'extraordinaire concentration des pluies sur les régions vascocantabriques entre les Picos de Europa et les Pyrénées Occidentales.

Et pourtant au sol, la situation synoptique est fort mal définie ; aucun système cyclonique puissant n'apparaît sur le SO de l'Europe pour expliquer une telle pluviosité. Simplement, le SO de la France et le fond du golfe de Gascogne sont caractérisés par la présence d'un couloir de basses pressions entre un anticyclone européen et le prolongement de l'anticyclone maritime chaud (type Açores) qui recouvre la façade occidentale de la Péninsule Ibérique. Ce couloir de basses pressions semble faire partie du secteur SE d'une dépression centrée au S de l'Islande dont le front qui la sépare de l'anticyclone continental, évolue sur le centre de la France.

---

(4) Comme celle de l'Oria dont le débit moyen quotidien passe brutalement de 4 m<sup>3</sup>/sec. le 24, à 264 m<sup>3</sup>/sec. le 25, alors que le débit moyen mensuel du mois de septembre est de 6,3 m<sup>3</sup>/sec !

- Aforos.Cuanca del norte de España - oct. 1968 sept. 1959.

En réalité, le type de temps pluvieux qui affecte les régions basques est indépendant de ce système cyclonique islandais ; il se développe dans la partie orientale du secteur alimenté par de l'air Pm . De fait, si on analyse de plus près les cartes d'isallobares et des systèmes nuageux des 24 et 25 septembre, on constate un déplacement SN, du Bassin de l'Ebre au SO du Bassin d'Aquitaine, d'un noyau de baisse barométrique, et d'un corps nuageux dense qui finit par se confondre avec un système orageux stagnant sur la côte Cantabrique.

Les précipitations diluviennes sont bien cette fois encore en rapport avec le déplacement d'une petite perturbation de S : dont l'activité est certainement liée à la naissance et à l'évolution au-dessus du fond du golfe de Gascogne, d'une étroite colonne cyclonique d'air froid, au tourbillon relatif élevé. Car c'est dans la moyenne troposphère qu'il faut chercher l'explication à cet épisode pluvieux, et à l'évolution indépendante de ce type de temps perturbé de S. Au-dessus de la Péninsule Ibérique, une goutte froide évolue séparément par rapport aux ondulations des courants d'O, avec lesquelles elle est complètement déphasée, puisque le 24 et le 25 elle apparaît sur les cartes 500 mb, au S d'une ondulation anticyclonique. Incontestablement, son arrivée dans le secteur méditerranéen provoque un violent contraste massique ; dans le fond du golfe de Gascogne, à la limite du secteur N de la goutte froide, converge alors de l'air froid et de l'air chaud, humide, originaire du bassin méditerranéen (cf. radiosondages à Bordeaux fig. 133 ). Cette convergence entraîne par suite, l'accroissement de l'épaisseur de l'atmosphère dans le cadre d'un mouvement cyclonique généralisé et par conséquent l'augmentation rapide de la valeur positive du tourbillon relatif. Ce sont là des conditions dynamiques favorables de la formation d'un "vortex" localisé, de faibles dimensions, qui doit se détacher de la goutte froide dont l'évolution dépend de la circulation à l'échelle planétaire. Ce petit tourbillon cyclonique qui n'apparaît pas sur les cartes synoptiques, est entretenu par l'air

chaud d'origine méditerranéenne qui fournit l'énergie nécessaire, et une part importante de l'humidité alimentant les fortes précipitations. Mais d'autre part, les mouvements ascendants sont à leur tour accélérés par le fort gradient thermique vertical qui doit s'établir lorsque la colonne froide cyclonique vient surmonter l'air maritime plus chaud et humide stagnant au-dessus du golfe de Gascogne.

Nous retrouvons ici la convergence des facteurs analysés en été qui rendent très actives les perturbations de S-SO de petite taille au-dessus du fond du golfe de Gascogne. Malgré leur situation d'abri, les régions vascocantabriques n'échappent pas à l'activité de ces perturbations. Les violents mouvements ascendants dont elles sont le théâtre, annulent les effets rabattants. De plus dans le détail, le système nuageux s'enroule autour de l'axe du vortex et avec le déplacement de ce dernier, la partie occidentale de la spirale nuageuse aborde par le N les régions vascocantabriques où elle se heurte aux obstacles orographiques. Dès lors, la combinaison de toutes ces données dynamiques, thermiques et géographiques, explique l'action pluviométrique inattendue des perturbations froides de S-SO dont le rôle important dans le régime pluviométrique des régions basques a déjà été souligné par P. Pedelaborde<sup>(5)</sup>.

---

(5) P. PEDELABORDE ( 516 ) n. 28 et n. 43.



- B) LES TYPES DE TEMPS FRAIS PERTURBES DE NO - LA REGULARITE  
-----  
DES FORTES PLUIES DANS LES REGIONS VASCOCANTABRIQUES.  
-----

L'automne est la saison pendant laquelle les perturbations suivent le plus fréquemment la trajectoire NO-SE n° V, de l'entrée du golfe de Gascogne au Bassin Méditerranéen. Rien sûr, leur fréquence relative reste encore faible, à peine 6 % des jours au mois de Novembre. Mais, leurs effets sur le régime pluviométrique sont loin d'être négligeables puisque, par exemple, en octobre et en novembre ces perturbations de NO alimentent à raison de 7 à 10 % les précipitations mensuelles dans la Galice septentrionale et de 20 à 21 % dans le Guipuzcoa.

C'est évidemment, dans les régions vascocantabriques que les perturbations de NO sont les plus actives, comme pendant les autres saisons. Cependant en automne, cette activité semble être exagérée. Plus régulièrement comme le prouve l'étude fréquentielle des pluies recueillies en 24 heures, le passage d'une perturbation de NO par le fond du golfe de Gascogne, ou sur l'Europe Occidentale, est responsable d'une précipitation journalière forte. Cette particularité doit être liée au fait que les eaux de surface du golfe fournissent encore une très forte quantité de vapeur d'eau aux basses couches de l'atmosphère, accroissant ainsi les conditions d'instabilité de la masse d'air. Par contre, les précipitations journalières intenses, supérieures à 50 mm, ont une plus faible probabilité de se produire avec une perturbation de NO qu'avec un type de temps perturbé frais de SO. C'est que le secteur chaud qui apporte l'humidité et l'énergie à la perturbation de NO est formé de masses d'air polaire maritime dont le déplacement et l'évolution rapide sous le versant occidental de la vallée planétaire ne permettent pas une fusion avec

l'air méditerranéen encore plus chaud et plus humide.

A l'intérieur du domaine océanique les différences régionales en ce qui concerne l'activité des perturbations de NO, s'atténuent lorsque ces dernières évoluent en circulation zonale rapide. Dans cette condition, le jet polaire rapide qui ondule faiblement au S du parallèle 45° provoque bien souvent l'arrivée, sur le NO de la Péninsule, d'une perturbation jeune qui affecte tout le domaine océanique. Les différences tendent également à s'affaiblir avec un flux cyclonique de NO lié à la stabilisation d'une dépression d'O sur les Iles Britanniques tandis que la vallée planétaire froide s'accroît vers le S en direction de la Péninsule Ibérique.

| FREQUENCE DES PERTURBATIONS JOURNALIERES LIEES AUX TYPES<br>DE TEMPS PERTURBES DE NO Oct. Nov. 1946-1965 |    |     |     |      |      |      |           |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|-----|-----|------|------|------|-----------|----|
| A - Avec circulation méridienne                                                                          |    |     |     |      |      |      |           |    |
|                                                                                                          | 0  | < 3 | < 6 | < 12 | < 24 | < 50 | p ≥ 12 mm |    |
| S. SEBASTIEN                                                                                             |    | 10  | 6   | 16   | 42   | 24   | 2         | 68 |
| LA COROGNE                                                                                               | 4  | 34  | 22  | 22   | 12   | 6    |           | 18 |
| PORTO                                                                                                    | 28 | 16  | 20  | 26   | 4    | 6    |           | 10 |
| B - Avec circulation zonale                                                                              |    |     |     |      |      |      |           |    |
| S. SEBASTIEN                                                                                             |    | 5   | 32  | 5    | 47   | 11   |           | 58 |
| LA COGNE                                                                                                 | 5  | 27  | 21  | 21   | 15   | 11   |           | 26 |
| PORTO                                                                                                    | 11 | 32  | 10  | 27   | 15   | 5    |           | 20 |
|                                                                                                          |    |     |     |      |      |      |           |    |

1°) Les types de temps perturbés de NO en circulation méridienne

Le plus souvent en automne, les perturbations de NO sont liées directement au passage sur le golfe de Gascogne ou sur le SO de la France, de colonnes dépressionnaires détachées de coulées froides de grande amplitude. Le temps perturbé de NO généralement plus frais que celui de SO frais, est caractérisé par le passage rapide d'un système frontal et l'installation d'une traîne qui évolue lentement, capable de durer deux à trois jours au cours desquels les rythmes thermiques ne varient guère.

Toutefois les caractéristiques du temps, l'activité de la perturbation et les variations régionales de ses effets dépendent du stade d'évolution de la perturbation à son arrivée sur le N de l'Espagne, de l'origine de la coulée froide et par suite de la nature des masses d'air polaire expulsées.

a) Une perturbation de NO jeune et active liée à une goutte froide isolée sur l'Aquitaine le 11 au 13 novembre 1961. (fig. 114).

A partir du 10 septembre, une vaste colonne cyclonique qui se détache d'une coulée polaire issue du Groënland, longe la façade occidentale de l'Europe pour se diriger sur le bassin méditerranéen qu'elle atteint le 12 novembre. Dans son secteur O, elle dirige une perturbation (47 b) qui atteint dans la nuit du 11 le N de la Péninsule Ibérique, alors qu'elle est à la fin de son stade de jeunesse. Un corps nuageux formé d'un stratonimbus épais s'étale du front chaud au front froid séparés par un étroit secteur chaud. L'air polaire maritime chaud instable qui alimente ce dernier, est refoulé en altitude, soulevé brutalement par l'air polaire maritime froid postérieur. Mais celui-ci présente également des conditions de forte instabilité qui favorise la formation fréquen-



te de nuages à développement vertical (Cb)<sup>(6)</sup> et explique ainsi un temps de traîne pluvieux et orageux.

Tous ces éléments de la situation synoptique<sup>(7)</sup> affectent l'ensemble du domaine océanique durant ces trois journées consécutives. Toutes les régions océaniques connaissent un temps frais et pluvieux. Un ciel bas et sombre, poussé par des vents prenant parfois des allures de tempête, fournit des précipitations abondantes dans les régions basses de la façade septentrionale<sup>(8)</sup>, tandis que des chutes de neige se produisent régulièrement à partir de 800 à 500 m sur tous les massifs montagneux, du Pays Basque au Minho. Cependant, les rythmes diurnes des éléments climatiques, l'enchaînement des états de l'atmosphère varient fortement d'une région à l'autre (fig. 134 ). Bien sûr, comme toujours, lors du passage d'une perturbation de NO active, les régions vascocantabriques connaissent des températures plus basses et sont de très loin les plus arrosées ; le thermomètre oscille entre 5° et 10° chaque jour à S. Sébastien mais entre 10° et 15° à Porto, tandis que le pluviomètre recueille au total plus de 95 mm dans la première station et moins de 15 dans la seconde. Également, le temps de traîne diffère totalement. Dans le Guipuzcoa il reste très pluvieux et frais comme lors du passage du système frontal, mais vers l'O les averses deviennent plus rares ; elles commencent à être séparées par de courtes éclaircies en Galice septentrionale. Puis, elles disparaissent dans le Minho où sous un ciel clair le temps devient plus doux ; comme pendant les autres saisons, l'éloignement par rapport au centre actif de la perturbation, l'étalement et la déflexion des masses d'air font disparaître les conditions d'instabilité atténuant les mouvements ascendants.

---

(6) La photo du 10 octobre 1972 donne une idée du système nuageux, avec un type de temps perturbé de NO.

(7) A. LINES ESCARDO ( 390 ) p. 302. n° 83.

(8) Ce type de temps pluvieux est un effet à l'origine d'inondations ou de montées brutales des eaux qui affectent tous les cours d'eau du versant N Cantabrique et le bassin supérieur du Minho.

Il y a plus, car une analyse plus fine des variations du temps souligne des différences entre d'une part le Pays Basque et d'autre part les Asturies. En particulier, dans la Province de Santander et les Picos de Europa, le rythme pluviométrique est plus contrasté : une très forte proportion, des deux tiers aux trois quarts, du total des pluies est enregistrée le 11 novembre, lors du passage du système frontal tandis que les pluies de traîne diminuent rapidement. En revanche dans le Guipuzcoa, la "galerna" continue à souffler avec violence et les fortes pluies continuent à tomber régulièrement, longtemps après le passage du front froid. Nous savons que l'écoulement vers le S de l'air froid postérieur est canalisé au-dessus des collines basques où cet effet de convergence active les mouvements ascendants dans le secteur traîne. Mais, l'activité exacerbée des fronts dans les Asturies ne peut s'expliquer que par l'évolution de la circulation dans la moyenne troposphère. De fait, la carte contour à 500 mb, semble indiquer l'existence d'une concentration plus forte de l'air froid dans le secteur occidental de la colonne cyclonique. Or justement, cette cellule plus froide ( $-30^{\circ}$ , fig.134) passe au-dessus des Asturies orientales, y provoque brutalement une augmentation du gradient thermique vertical que l'on peut évaluer grossièrement, faute de radiosondage, à  $8^{\circ}/1000$  m, c'est-à-dire à un taux moyen dont l'ordre de grandeur est très élevé.

Que dans ce type de situation, l'advection froide en altitude soit moins sensible, et les phénomènes pluvieux deviennent moins violents et moins contrastés !

b) Une perturbation de NO occluse et peu active, liée à une expulsion polaire moins froide - le 20 et 21 nov. 1956.

Le type de circulation à l'échelle continentale, présente une très forte similitude avec la situation précédente. Une colonne cyclonique se détache d'une coulée polaire issue du Groenland et donne naissance à une perturbation qui suit encore une trajectoire NO-SE, de l'Irlande au golfe du Lion. Le corps nuageux (Sns et cumulus congestus), associé au système frontal atteint le NO de l'Espagne dans la soirée du 19. Dès lors, l'évolution du temps comprend encore deux phases :

- une phase frontale, dans la nuit du 20, avec des pluies qui tombent sans discontinuité, et des chutes de neige sur les hauteurs.
- une phase de traîne jusqu'au 21 au soir avec des éclaircies entrecoupées d'averses et des températures assez stables, malgré une légère baisse des minimums.

Au total, c'est encore les mêmes variations régionales : un temps plus frais et régulièrement pluvieux dans le Guipuzcoa, un temps un peu plus doux, moins pluvieux avec une courte phase de traîne plus ensoleillée dans le Minho ; St Sébastien reçoit au cours de la seule journée du 20, 13 mm et Porto à peine 4 mm.

Toutefois, cette perturbation de NO a des effets moins spectaculaires que ceux de la perturbation du 11 novembre 1961. Principalement, les pluies sont beaucoup moins intenses dans les régions vascocantabriques. Les différences atmosphériques entre ces dernières et la Galice sont très atténuées : La Corogne, Lugo par exemple recueillent autant d'eau que S. Sébastien lors du passage du système frontal.



Pourtant dans la moyenne troposphère, le centre de la colonne froide passe au-dessus des Asturies. Ainsi, la présence de la goutte froide dans la moyenne troposphère ne semble guère accroître l'activité de la perturbation. C'est que la baisse de température en altitude est moins sensible, cette fois : - 25° seulement, ce qui diminue le taux de décroissance verticale de la température et les conditions d'instabilité. Le mécanisme cyclonique est donc moins puissant, expliquant ainsi une dépression moins creusée. Par suite sa vie s'abrège plus rapidement, et c'est au stade d'occlusion qu'elle atteint le N de l'Espagne ; un front occlus moins actif évolue dès lors au-dessus des régions vascocantabriques plus faiblement arrosées.

c) Perturbation secondaire de NO dans le fond du golfe de Gascogne, née à la base d'un cutoff high - 11 octobre 1952.

Le 10 octobre 1952, le NO de la Péninsule Ibérique est situé dans le secteur chaud d'une dépression stabilisée sur le NE de l'Atlantique et dont l'évolution vers l'E, est entravée par une onde anticyclonique stationnaire sur les Iles Britanniques. Ces conditions de circulation méridienne expliquent la stabilité du front chaud qui traverse en diagonale le golfe de Gascogne. Dans tout le domaine océanique règne un temps très doux, mais très couvert ; un voile épais de Sc alimente des précipitations d'intensité moyenne qui se produisent principalement en Galice.

Mais dans la soirée du 10 et la journée du 11, les aspects du temps se modifient : les températures diminuent principalement dans le Guipuzcoa où les maximums sont légèrement inférieurs aux normales. Surtout, les précipitations redoublent d'intensité et se propagent à toutes les régions océaniques. Pendant 24 heures, du 10 au soir au 11 en fin d'après-midi, les régions vascocantabriques sont très arrosées

tandis que les pluies diminuent vers la Galice et le Minho où seuls les plus hauts massifs reçoivent des précipitations assez fortes (fig. 133).

Cette opposition pluviométrique régionale est liée à une perturbation de NO qui a pris naissance dans le fond du Golfe de Gascogne et a gagné la Méditerranée après avoir traversé en diagonale les Pyrénées. Une dépression s'est en effet creusée sur une ondulation du front, provoquée par l'irruption brutale d'une coulée froide d'origine scandinave. C'est que l'évolution générale de la circulation est marquée par la convergence sur le golfe de Gascogne des coulées planétaires encadrant l'ondulation anticyclonique stable sur les Iles Britanniques. Ainsi, l'écoulement de l'air froid à l'extrémité de la vallée planétaire orientale, active le soulèvement de l'air chaud instable, créant les conditions d'une cyclogénèse. Bien que d'aspect secondaire, la dépression est assez forte cependant pour réanimer vers l'E et le SE le mouvement de cet air maritime chaud qui se heurte à nouveau aux obstacles orographiques de la Galice et du Minho.

2°) Les types de temps perturbés d'ONO en circulation zonale rapide - 30 novembre et 1er décembre 1959.

Dirigées par un puissant courant jet, les perturbations de NO qui résultent d'une déviation sur l'Atlantique d'une perturbation d'O, abordent parfois la Péninsule Ibérique selon une trajectoire moins oblique dont l'impact se situe dans les Asturies occidentales ou la Galice du N. Ce fait est à l'origine d'une activité relativement plus élevée des perturbations d'O dans la Galice et le Minho, il est même responsable de type de temps de NO plus pluvieux dans ces régions que dans les régions basques.

La perturbation de NO qui traverse le domaine océanique du 30 novembre au 1er décembre 1959, en est un exemple remarquable.

Pendant la dernière semaine de novembre la circulation zonale se rétablit et les courants d'O rapides ondulent sur l'Atlantique, entre les parallèles  $40^{\circ}$  et  $60^{\circ}$ . Sous ce jet polaire puissant, une série d'ondulations se développent sur la côte orientale des Etats-Unis, puis se déplacent rapidement vers l'E. L'une de ces ondulations rejoint le versant occidental d'une vallée froide, et semble être ainsi à l'origine d'une cyclogenèse au centre de l'Atlantique, latitude  $50^{\circ}$  N longitude  $30^{\circ}$  O. Entraînée par la circulation générale de la moyenne troposphère, cette nouvelle dépression se dirige vers le SE et aborde la Péninsule Ibérique par les Asturies le 30 novembre avant de déboucher sur les Baléares (fig. 136). Cette jeune perturbation est responsable d'un temps pluvieux et frais qui règne dans tout le domaine océanique. Cette fois encore l'évolution du temps offre deux stades : le premier jour un corps nuageux dense (Ns), associé à un front chaud et à un front froid qui se rejoignent sur les Asturies, provoque un temps frais avec des précipitations orageuses, le deuxième jour, l'advection d'une masse d'air polaire maritime froid qui présente des conditions d'instabilité, est responsable d'un temps de traîne plus froid et très nuageux.

De fait, l'activité de cette perturbation semble être liée aux caractères de masses d'air froid postérieur qui soulève avec violence l'air polaire maritime chaud humide. Les radiosondages effectués à La Corogne et à Bordeaux (fig. 136b) soulignent bien, d'une part les contrastes massiques, d'autre part les conditions d'instabilité sélective et potentielle de la masse d'air froid.



Mais au total, les effets pluviométriques sont tout à fait différents de ceux qui dominent fréquemment avec les perturbations de NO. Les régions basques, affectées seulement par le secteur NE de la perturbation, sont beaucoup moins arrosées et reçoivent surtout des averses postfrontales. En revanche, les Asturies, directement traversées par la pointe du secteur chaud recueillent de fortes pluies lors du passage du système frontal. Il en est de même en Galice méridionale et au Minho où juste avant le front froid, l'air chaud humide s'écoule du SO et à l'O et se heurte de front aux obstacles orographiques. Car, les conditions d'instabilité potentielle expliquent l'augmentation rapide des abats pluviométriques sur les hauteurs d'abondantes précipitations neigeuses sont recueillies en 24 h le 30 novembre, sur les massifs supérieurs à 1000 m du Minho (Montalegre 37 mm), de la Galice intérieure (Alto de Rodicio : 80 mm, Fonsagrada 51 mm) et de la chaîne cantabrique (Leitariegos : 40 mm, et Sotres : 86 mm).

3°) Le mauvais temps perturbé de NO dirigé par une dépression stabilisée sur les Iles Britanniques - le 13-16 nov. 1959.  
Les premières manifestations du front arctique.

Comme en hiver, le mauvais temps frais de NO règne également dans le domaine océanique, lorsqu'une phase de circulation méridienne lente s'installe brusquement sur l'Europe Centrale bloquant l'évolution vers l'E d'une dépression. Ainsi le 13 novembre, une dépression qui a évolué rapidement sur l'Atlantique à partir d'une ondulation du front séparant exceptionnellement air polaire maritime chaud et air arctique maritime, se trouve arrêtée dans son déplacement par une onde anticyclonique stationnaire sur l'Europe Centrale et la Scandinavie, tandis que cette dépression se stabilise sur les Iles Britanniques, la vallée froide planétaire s'amplifie vers le S-SE, plaçant sous son versant occidental toute la façade atlantique de l'Europe. (fig. 137)

Dès lors, les régions septentrionales ibériques placées dans le secteur SO de la dépression sont soumises à un flux de NO affectant toute la troposphère. Ainsi le système frontal dirigé par la dépression puis l'air arctique postérieur, s'écoulent pendant quatre jours consécutifs du NO au SE au-dessus du golfe de Gascogne et du N de l'Espagne. Les conditions atmosphériques créées par cette circulation se rapprochent donc de celles engendrées par les passages directs de perturbations de NO.

De fait, dans un premier stade, le 13 nov. et la nuit du 14, le corps nuageux qui unit à la fois le front chaud et le front froid, provoque de fortes précipitations sur la façade septentrionale de la Péninsule, des Rías Altas galiciennes aux Asturies orientales (fig. 137b). Cette forte activité s'explique également par le contraste élevé qui sépare les masses d'air en présence (cf. radiosondage) et surtout par la forte instabilité qui caractérise l'air arctique maritime dont les basses couches se sont fortement réchauffées. Dans ces conditions, le soulèvement de l'air humide plus chaud est particulièrement violent lorsque le système perturbé atteint les régions accidentées du NO de l'Espagne.

En revanche, les mouvements ascendants le long des fronts doivent s'atténuer dans le Minho et le Pays Basque, pour des raisons totalement différentes. Le S de la Galice et le Minho retrouvent leur situation d'abri par rapport aux flux de NO, avec l'étalement et la déviation de l'air froid au cours de son déplacement vers le S. De son côté le Guipuzcoa est encore dans le secteur SE de la dépression, c'est-à-dire dans le flux cyclonique de SO, lorsque les fronts atteignent le fond du golfe de Gascogne et par suite, l'air chaud humide est soumis à un effet rabattant. D'ailleurs toutes les régions vasco-cantabriques ne connaissent un type de temps très pluvieux que pendant la phase de traîne au cours de laquelle l'air arctique instable est soulevé en bloc au-dessus des obstacles

orographiques. Ainsi, d'abondantes chutes de neige continuent à être enregistrées sur les Cantabriques : Leitariegos 14 mm le 14 et le 15 novembre, 12 et 30 mm à Sotres dans les Picos de Europa. Evidemment les causes qui interviennent pour diminuer l'activité des fronts dans le Minho, agissent également pour diminuer les conditions d'instabilité de l'air arctique.

Néanmoins, l'advection de cette dernière finit par entraîner une baisse sensible et généralisée de la température ; lorsque le mécanisme du réchauffement à la base ne joue plus, les maximums et les minimums atteignent des valeurs faibles qui rapprochent cette dernière phase du type de temps perturbé de N et de NE.

Id - LES TYPES DE TEMPS CYCLONIQUES FROIDS - LES PREMIERS FROIDS  
-----  
HUMIDES DANS LES REGIONS VASCOCANTABRIQUES ET EN GALICE.  
-----

La baisse des températures est généralement plus sensible, avec les situations cycloniques qui dirigent soit des flux de N, soit des flux à comparante E. Leur installation sur l'Europe Occidentale marque le retour des premiers froids humides. Non seulement, il neige régulièrement sur les hauts massifs, mais également sur les plateaux intérieurs et les hauteurs dont l'altitude est comprise entre 400 et 800 m. Les bassins isolés de la Galice et des Cantabriques connaissent alors des nuits froides au cours desquelles les gelées peuvent accompagner des manifestations météorologiques qui traduisent l'humidité des masses d'air : pluie en surfusion, chute de grêle ou neige, brouillard givrant.



C'est que, ces situations synoptiques introduisent des différenciations régionales très marquées. Tandis qu'elles sont à l'origine de types de temps régulièrement froids et pluvieux dans les régions vascocantabriques, leurs effets pluviométriques sont plus limités et plus irréguliers dans la Galice et le Minho. Bien plus, dans les régions littorales du N Portugal, les passages de perturbations de N ou d'E ne font pas toujours régner le mauvais temps ; dans le cadre de ces situations, l'évolution des masses d'air froid que nous connaissons déjà, y fait généralement régner un temps plus ensoleillé et moins froid.

#### A) LES TYPES DE TEMPS PERTURBES DE N - L'ISOLEMENT DES RIAS

##### ----- BAJAS ET DU MINHO. -----

Ces oppositions régionales en automne apparaissent principalement avec les perturbations qui suivent des voies NS en Europe et en particulier, avec celles qui se dirigent de l'Europe du N aux bassins méditerranéens. Bien sûr, elles sont toujours liées à l'établissement d'un type de circulation méridienne, défini par l'installation sur la Péninsule Ibérique du versant occidental d'une vallée planétaire de très grande amplitude, ou le déplacement vers le S d'une goutte froide. Quoi qu'il en soit, elles contribuent à isoler climatiquement la Galice méridionale et le Minho. D'abord, les précipitations qu'elles déclenchent diminuent d'intensité régulièrement du Pays Basque à la Galice septentrionale, et deviennent insignifiantes dans le Minho, lorsqu'elles ne sont pas totalement absentes.

| PRECIPITATIONS FROIDES DE PERTURBATIONS DE N CLASSEES EN<br>INTENSITES mm/24 h - Oct. Nov. 1946-1965 |    |      |     |      |      |      |        |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|------|-----|------|------|------|--------|
| en % du nombre total de jours perturbés de N                                                         |    |      |     |      |      |      |        |
|                                                                                                      | 0  | <3mm | <6≤ | <12≤ | <24≤ | <50≤ | Pmm>12 |
| S. SEBASTIEN                                                                                         |    | 7    | 10  | 14   | 39   | 30   | 69     |
| LA COROGNE                                                                                           | 4  | 54   | 24  | 11   | 4    | 3    | 7      |
| PORTO                                                                                                | 54 | 17   | 10  | 9    | 10   |      | 10     |

Cependant dans le Guipuzcoa, l'intensité quotidienne maximale des épisodes pluvieux est moins élevée que lors des situations perturbées de NO : les masses d'air froid qui déferlent directement des régions polaires, sont beaucoup moins chargées d'humidité et bien qu'elles arrivent très instables aux abords de la Péninsule Ibérique leur alimentation en eau est limitée.

D'autre part, elles créent des ambiances thermiques fort différentes : si dans les régions vascocantabriques et la Galice septentrionale, les rythmes thermiques sont caractéristiques de types de temps froid océaniques aux faibles amplitudes diurnes, dans le Minho, les variations quotidiennes sont nettement plus amples avec de faibles minimums et des maximums à peine inférieurs aux normales. Evidemment dans le détail, les valeurs de ces températures dépendent de l'origine des masses d'air froid, expulsées par ces situations perturbées.

1°) L'amélioration du temps perturbé de N dans le Minho.  
18-19 octobre 1961.

Pendant la troisième semaine d'octobre 1961, alors qu'une vaste cellule anticyclonique dynamique s'étend sur tout l'Atlantique N, une série de coulées polaires se détachent du bassin arctique pour se diriger vers la Méditerranée Occidentale en passant par la mer du Nord. Ainsi, une colonne cyclonique très froide se déplace de l'ouest de la Norvège au golfe de Gênes du 17 au 20 octobre. L'évolution de cette coulée polaire qui provoque dans la moyenne troposphère un violent contraste thermique entre les régions atlantiques ( $- 10^{\circ}$  à 500 mb au NO de l'Irlande), et les régions de la Mer du Nord ( $- 35^{\circ}$  à l'E de l'Ecosse) s'accompagne d'un rapide courant jet de N<sup>(1)</sup> qui atteint la Galice pendant la journée du 18 octobre, 120 à 150 Km/h (radiosondage). Dès lors dans les basses couches de la troposphère, la cellule dépressionnaire, creusée au S des Alpes, s'étend jusqu'aux régions occidentales de la Péninsule qui sont toutes traversées par le système frontal (fig.139). En réalité, les fronts sont actifs sur la façade septentrionale de la Péninsule Ibérique seulement.

a) Les pluies froides orageuses des régions vascocantabriques.

Les régions qui sont sous l'influence directe du flux perturbé de N connaissent un temps désagréable, avec des bourrasques de pluie froide. Toutefois, le mauvais temps commence seulement au début de la matinée du 18 octobre, après le passage du front chaud et de l'étroit secteur chaud

-----

(1) A. LINES ESCARDO (390) n° 83, p. 298.



qui entretiennent à la fin de la journée du 17 des températures normales et des pluies de faible intensité. Avec l'irruption du front froid, des nuées sombres, poussées par de violentes rafales du Norte, donnent de fortes averses, accompagnées de phénomènes orageux (fig 140a). L'arrivée de l'air polaire maritime froid s'accompagne d'une baisse sensible des températures minimales, les nuits des 18 et du 19 qui enregistrent pour ce mois les records du froid.

Surtout, les caractères de cet air froid expulsé, tels qu'on peut les interpréter à partir des radiosondages de La Corogne, favorisent le développement des nuages d'instabilité (Cu - Cb) qui fournissent de fortes pluies, bien après le passage du front froid. La forte diminution de l'humidité relative selon l'altitude accentue l'instabilité (instabilité potentielle) de la masse d'air lors de son soulèvement en bloc au-dessus des massifs basques et cantabriques qui reçoivent des précipitations abondantes le plus souvent sous forme de neige. En moins de 3 jours, du 17 au soir jusqu'au 20 au matin, Articuza reçoit près de 150 mm, Sotres 81 et Leitariegos 72 mm, tandis que pour la même période le pluviomètre de S. Sébastien Igueldo recueille à peine 45 mm. Ainsi sur tout l'ensemble de ces régions, on retrouve l'importance primordiale des pluies postfrontales alimentées par une masse d'air froid instable qui dans son déplacement vers le S se heurte de plein fouet aux obstacles montagneux et qui dans un premier stade s'échappe vers le bassin de l'Ebre et la Castille, en s'engouffrant au-dessus des collines basques.

Toutefois, on peut se demander si la recrudescence des précipitations dans la journée du 19 et la nuit du 20, très sensible dans le pays Basque, n'est pas due à l'arrivée d'un front froid secondaire qui n'est pas analysé sur la carte synoptique. De fait, le radiosondage de La Corogne du 19, indique la présence dans les basses couches de l'atmosphère

d'une masse d'air plus froide que celle de la veille.

C'est également à partir de l'analyse des radiosondages que l'on peut comprendre l'affaiblissement du mauvais temps en Galice et dans le Minho.

b) L'affaiblissement du mauvais temps vers la Galice septentrionale et le Minho.

L'étude des rythmes des éléments atmosphériques à La Corogne et à Porto souligne bien ce fait. Bien sûr partout les températures diminuent et descendent largement au-dessous de la normale, même à Porto le 19, le minimum ( $6^{\circ}4$ ) est nettement inférieur à la normale ( $11^{\circ}1$ ). Cependant l'évolution du temps, l'enchaînement des états de l'atmosphère prend ici des aspects originaux.

Déjà à La Corogne, l'atmosphère est plus calme avec une diminution importante de la force des vents froids et le temps est marqué par l'apparition de quelques éclaircies. Mais, c'est dans les Rías Bajas et le Minho, que ces éclaircies durent le plus longtemps, à peine interrompues par le passage de Cu à faible développement vertical.

Au total, dans toutes ces régions, les pluies sont faibles et diminuent rapidement vers le S. Le corps nuageux qui accompagne le front froid, fournit seulement des pluies importantes sur les versants septentrionaux des massifs du NE, à la limite de la Galice et des Asturies, comme le prouvent les précipitations supérieurs à 10 mm, recueillies par la station de Fonsagrada. En revanche, partout ailleurs, les totaux pluviométriques sont insignifiants : La Corogne reçoit 4 mm, Santiago-Labacolla 3, Vigo 2 et la station d'altitude de Montalegre comme celle de Porto, enregistre moins de 1 mm d'eau. Et au cours du stade final, des faibles précipitations postfrontales

en rapport avec l'advection de l'air Pm froid instable ne sont enregistrées que dans la Galice septentrionale : 1 à 2 mm à La Corogne et St Jacques de Compostelle, 4 mm à Fonsagrada.

C'est toujours l'étalement et la déflexion de l'air froid qui explique l'effondrement de l'activité des perturbations de N dans les Rías Bajas et le Minho. L'affaissement de l'air froid se traduit ainsi par une diminution de la colonne d'air et par conséquent par une diminution de la valeur du tourbillon relatif qui tend à devenir négative. Le mouvement anticyclonique qui en résulte se traduit par une subsidence, et un arrêt du taux de décroissance de la température avec l'altitude dans les couches moyennes et supérieures de l'atmosphère ; autant de conditions qui ne favorisent pas l'extension vertical des systèmes nuageux.

2°) Le mauvais temps pluvieux de N exceptionnellement limité aux régions océaniques occidentales. Une colonne cyclonique arctique longeant les côtes de Galice et du Portugal.  
6 et 7 nov. 1962.

Les colonnes cycloniques qui suivent une trajectoire NS le long de la façade occidentale de la Péninsule sont extrêmement rares. Néanmoins, leur action offre un intérêt géographique, car elle modifie complètement les variations régionales du temps. Avec une telle situation, l'état de l'atmosphère est plus froid et plus humide dans les Rías Bajas et le Minho.

Ainsi du 6 au 7 novembre 1962, une colonne froide cyclonique issue du bassin arctique se déplace vers le S à partir de l'Irlande en suivant le méridien 10°. L'étude des rythmes des éléments atmosphériques pour les principales stations (fig.140b) fait ressortir les variations régionales suivantes :



une diminution progressive vers l'E des précipitations qui deviennent insignifiantes dans le Guipuzcoa, une accentuation du mauvais temps pluvieux froid dans les Rías Bajas et le Minho. Les fortes averses provoquées par des nuages d'instabilité, cumulus congestus et cumulonimbus, se poursuivent même jusque dans le S du Portugal.

Le développement de ces formations nuageuses est dû aux caractères de la colonne d'air froid. D'une part, la valeur positive de son tourbillon relatif s'accroît rapidement sur la façade portugaise, comme l'indique la forte augmentation des écartements entre les isohypses inférieurs au niveau 500 mb. D'autre part, ce mouvement tourbillonnaire accéléré entraîne une forte accumulation d'air plus froid dans la moyenne et haute troposphère, de sorte que le gradient thermique vertical tend à être élevé. Déjà, le radiosondage de La Corogne indique la présence d'une masse d'air froid d'origine arctique ( $\theta'_w = 3^{\circ}5$ , à 850 mb), sélectivement instable. Or, les conditions d'instabilité s'accroissent vers le S, avec le réchauffement à la base de l'air froid, comme le montre le radiosondage de Lisbonne au cours de la journée du 6 novembre.

Néanmoins, l'évolution des conditions de la circulation de la colonne froide semble bien être le moteur essentiel des fortes pluies dans la Galice méridionale et le Minho où les intensités maximales sont enregistrées dans la nuit quand le taux de décroissance de la température diminue dans les basses couches de l'atmosphère. C'est en fait, le passage sur ces régions du noyau central de la colonne où les mouvements ascensionnels sont les plus forts qui explique le temps pluvieux.

Nous avons ainsi un bel exemple de temps pluvieux en dehors de toute manifestation frontale et qui confirme le rôle important des facteurs dynamiques dans l'action d'une "goutte froide".

- B) LES TYPES DE TEMPS FROIDS PERTURBES DE NE et d'E.

Ils sont liés à plusieurs types de situations synoptiques. Comme en hiver et au printemps les temps froids, accompagnés de systèmes nuageux venus de l'E sont liés, soit à des passages de perturbations d'E à NE, soit à des "retours d'E" qui caractérisent les secteurs N des dépressions d'O passant au S du domaine océanique, à travers la Péninsule Ibérique.

C'est dire que ces situations sont fort multiples, et que leurs effets sont plus variables que ceux des perturbations de N. Néanmoins, c'est encore dans les régions vasco-cantabriques que le mauvais temps d'E est le plus marqué, sauf lorsque la perturbation affecte directement le N du Portugal. Ainsi, l'intensité des pluies froides d'E est encore plus fréquemment élevée dans le Guipuzcoa que dans la Galice ou le Minho.

| INTENSITES DES PRECIPITATIONS QUOTIDIENNES EN        |      |      |       |      |      |      |      |        |   |
|------------------------------------------------------|------|------|-------|------|------|------|------|--------|---|
| SITUATIONS CYCLONIQUES D'E de NE Oct. Nov. 1946-1965 |      |      |       |      |      |      |      |        |   |
| : en % du nombre total de jours perturbés d'E-NE     |      |      |       |      |      |      |      |        |   |
|                                                      |      | 0    | < 3mm | < 6  | < 12 | < 24 | < 50 | P > 12 |   |
| (S. SEBASTIEN                                        | 3    | : 27 | : 10  | : 17 | : 23 | : 10 | : 10 | : 43   | ) |
| (LA COROGNE                                          | : 29 | : 36 | : 14  | : 7  | : 14 | :    | :    | : 14   | ) |
| (PORTO                                               | : 16 | : 44 | : 12  | : 12 | : 12 | : 4  | :    | : 16   | ) |

Ce sont surtout les perturbations qui suivent des trajectoires E-O qui sont les plus régulièrement actives dans les régions vascocantabriques.

1°) Les perturbations d'E-NE

Elles sont exceptionnelles en automne. Evoluant sur la bordure septentrionale d'une goutte froide ibérique ou méditerranéenne, elles affectent surtout les régions vascocantabriques quelle que soit la trajectoire suivie.

a) Le mauvais temps dans le Guipuzcoa lié à une perturbation d'E se déplaçant du Bassin méditerranéen au golfe de Gascogne - 23-25 nov. 1958.

Sur la bordure méridionale d'une anticyclone continental, un corps nuageux (Ns) s'étend du bassin méditerranéen aux régions basques, le 23 et 24 nov. 1958. Il correspond à un système frontal ; un front chaud et un front froid délimitent une langue d'air relativement plus chaud et plus humide qui pénètre, comme aspirée, dans une colonne froide centrée sur le S de la Péninsule Ibérique (fig. 142 a)

L'arrivée du front froid et de la masse d'air froid postérieur, s'accompagne d'une baisse de température et de fortes pluies dans les régions basques. Pendant la nuit et la journée du 24, les pluies tombent avec intensité sur le Guipuzcoa, d'autant plus que l'air s'écoule d'E-NE à l'O-SO en s'élevant au-dessus des collines basques qui sont beaucoup plus arrosées que les régions littorales.

Mais, cette perturbation dégénère rapidement. Le secteur chaud s'étire et l'alimentation en air chaud humide se fait plus difficilement. Dès lors, c'est un front occlus qui débouche sur la région de Santander et le littoral asturien qui ne reçoivent plus que des pluies de très faible intensité.



Cette dégradation s'accroît vers l'O (fig.142a) et finalement le front n'atteint pas le Minho où règne en réalité un type de temps anticyclonique frais, contrasté et ensoleillé.

Cependant, ce front resté sur le golfe de Gascogne, régénère dans la journée du 25. Ainsi, de la Galice septentrionale aux Asturies orientales, le front produit à nouveau des pluies d'intensité moyenne.

Cette relance de l'activité du front de la perturbation d'E doit être en rapport avec l'advection d'un air plus froid en altitude. De fait, une nouvelle goutte froide, détachée aux abords de l'Irlande, atteint le fond du golfe de Gascogne dans la journée du 25, provoquant une diminution sensible de la température dans les couches moyennes de l'atmosphère, comme le montre les radiosondages effectués à Bordeaux. L'accroissement du gradient thermique vertical réanime par suite, l'extrémité occidentale du front occlus qui affecte les régions septentrionales de l'Espagne.

b) Les effets d'une perturbation de NE, traversant le golfe de Gascogne de la France à la Galice - 8-10 novembre 1962.

Cette perturbation de NE se développe également dans le secteur N d'une vaste colonne cyclonique froide qui s'est détachée le 7 nov. 1962 de la coulée polaire issue du Groenland, responsable de la perturbation de NO sur la façade occidentale de la Péninsule Ibérique<sup>(1)</sup>. La goutte froide stagnant dès lors, sur la Péninsule Ibérique semble jouer le rôle d'aspirateur de masses d'air chaud qui l'entourent ; d'où une série de perturbations qui évoluent en tournant dans le sens inverse des aiguilles d'une montre autour de la cellule dépressionnaire isolée.(fig. 142 b)

---

(1) cf. supra, la perturbation de N du 6-7 nov. 1962.

Ainsi une pointe d'air chaud continentalisé provenant du bassin méditerranéen est à l'origine de la perturbation de NE qui se déplace de l'O de la France à la Galice, du 8 au 10 novembre 1962. Alimenté par le refroidissement de cet air chaud dans la colonne froide, un corps de nuages épais (Sc, Ns) réunit à la fois les formations nuageuses développées le long du front chaud et du front froid. C'est donc la pointe méridionale de cette perturbation où les mouvements ascendants sont forts qui propage le mauvais temps pluvieux du Pays Basque à la Galice. Mais, c'est principalement dans les Asturies et les hauts massifs de la Galice du NE que la perturbation est la plus active. De fait, dans ces régions, elles provoquent des orages violents, accompagnés de températures peu élevées (cf. Santander et Gijón, fig. 142b), car là, le soulèvement des masses d'air vient s'ajouter aux mouvements ascendants frontologiques. Toutefois, comme pour la perturbation d'E du 24 nov. 1958, le système frontal évolue très vite vers le stade de l'occlusion. Ainsi après avoir atteint la Galice, la perturbation moins alimentée en air chaud, dégénère rapidement et fait place à partir du 10 novembre à un front occlus stationnaire qui s'accompagne d'une amélioration du temps dans toutes les régions cantabriques.

Cette fois encore, la perturbation de NE arrive fort affaiblie sur la façade occidentale de la Péninsule où le temps et la succession des états de l'atmosphère se modifient. Bien que l'arrivée du système nuageux entretienne un ciel très nuageux dans la Galice et le Minho le 9 novembre, les précipitations recueillies sont assez médiocres et la baisse des températures maximales limitée, de sorte que Porto connaît encore des amplitudes thermiques diurnes beaucoup plus élevées.

Cependant, un trait constant caractérise l'évolution du temps à l'approche du système frontal. Une étude détaillée

de la répartition horaire des pluies montre que dans toutes ces régions, le maximum de pluie se produit avant l'arrivée du front chaud dans les basses couches de l'atmosphère. Les fortes pluies correspondraient donc à la partie supérieure du front chaud fortement soulevé par une masse d'air froid présentant de fortes conditions d'instabilité convective ; les radiosondages de la Corogne (8-9 et 10 nov. à 0 h) montrent effectivement que l'air chaud continentalisé glisse au-dessus d'un air froid humide et convectivement instable<sup>(2)</sup>.

2°) Les retours d'E-NE froids des dépressions ibériques et méditerranéennes.

Pendant la saison automnale, le mauvais temps d'E froid et humide est plus fréquemment associé à des systèmes cycloniques qui suivent une trajectoire O-E. à travers la Péninsule Ibérique. En réalité, ces dépressions sont surtout liées à des formes de circulation méridienne : arrivée à des latitudes méridionales ( $45^{\circ}$ - $40^{\circ}$ ) de colonnes cycloniques froides, déviées ensuite vers l'est, cyclogénèse sur la façade de la Péninsule lors du passage de l'extrémité d'une vallée froide de grande amplitude.

Quoi qu'il en soit, les régions océaniques sont traversées lentement par les secteurs N-NO de ces dépressions où soufflent des vents d'E et NE froids et humides, provoquant de violentes bourrasques de neige sur les hauteurs. Car, les bordures septentrionales de ces systèmes cycloniques sont alimentées par de l'air très froid dont l'origine peut être arctique.

---

(2) jusqu'à 4000 m d'altitude le 9 nov. à 0h, la courbe des points de condensation est proche de la courbe d'état : à 800 mb,  $\theta_w = 9^{\circ}$ ,  $\theta'ws = 10^{\circ}$ , à 700 mb  $\theta_w = 7^{\circ}$ ,  $\theta'ws = 8^{\circ}5$ .



a) "Retour d'E" à alimentation d'air Pm froid lié à une perturbation d'O à travers la Péninsule - 8-9 nov. 1957.

Au début de la deuxième semaine de novembre 1957, une dépression polaire issue du Groenland suit une trajectoire NO-SE sur l'Atlantique N, sous le versant occidental d'une vallée planétaire de grande amplitude. Mais arrivée face au Portugal, elle dévie vers l'E pour traverser la Péninsule Ibérique du 8 au 10 novembre, en suivant le parallèle de latitude  $40^{\circ}$ . Car, cette perturbation de NO a rejoint le secteur méridional d'une goutte froide qui vient de se détacher et qui l'entraîne vers le bassin méditerranéen (fig.141 ). En fait, c'est une perturbation déjà âgée qui atteint le Portugal et dont le front occlus effleure à peine le Minho. Or, comme ce front s'éloigne vers le SE en se transformant en rétrograde, tout le domaine océanique reste placé dans le secteur N de la dépression où l'ambiance atmosphérique est surtout fonction des déplacements et des caractères de l'air polaire maritime qui alimente les vents d'E et de NE. Bien sûr, le passage de la racine du front occlus provoque des précipitations dans la nuit du 8 novembre, principalement dans le Minho et le S de la Galice ; alors que la Corogne et Santiago reçoivent de faibles pluies, 1 mm à peine, le pluviomètre recueille des totaux pluviométriques plus importants, de l'ordre de 10 mm à Vigo et à Porto. Mais partout ailleurs, les pluies qui tombent plus tard, durant la journée du 8 et au cours du 9 novembre, semblent bien être dues à la nature de la masse d'air froid qui présente des conditions de forte instabilité. Ainsi, selon les indications fournies par le radiosondage du point K du 8 novembre 11 h (fig.<sup>143</sup> ) l'air froid maritime ( $\theta'_w = 6^{\circ}$  à 800 mb) qui occupe les couches inférieures de l'atmosphère est caractérisé par une décroissance verticale de la température égale et même supérieure à celle de l'adiabatique sèche. De plus, au-dessus du golfe de Gascogne, il doit être surmonté par de l'air plus sec, disposition favorable au développement de l'instabilité

(instabilité potentielle) lors du soulèvement en bloc de la masse d'air.

On comprend dès lors, l'origine des averses orageuses à La Corogne alimentées par des nuages d'instabilité (Cu, Cb), mais surtout celle des fortes précipitations sur le versant N des Cantabriques et des hauteurs basques dont les plus hauts sommets reçoivent d'abondantes chutes de neige. Là, les paroxysmes pluvieux ne se propagent pas progressivement, avec le déplacement d'un front, mais se produisent à des moments variés, selon les variations à une échelle plus fine des caractères de la masse d'air, selon les aspects locaux de la circulation imposés par les conditions géographiques ; c'est-à-dire en fonction de données difficiles à cerner en l'état actuel de nos connaissances.

En revanche, sur les Rías Bajas et le Minho, l'évolution de l'air est identique à celle que connaissent les expulsions polaires accompagnant les perturbations de NO et de N. Par suite, les mêmes causes entraînent les mêmes effets : le corps nuageux se disloque, et sous un ciel complètement dégagé règne un temps ensoleillé aux températures maximales légèrement en hausse.

Ainsi dans le cadre d'une même situation synoptique le contraste est frappant entre le N du Portugal et la façade septentrionale cantabrique. Il est encore plus saisissant lorsque le retour de NE s'établit à l'arrière de la perturbation arrivant sur le bassin oriental de la Méditerranée.

b) Le retour d'E-NE froid dirigé par une dépression  
stagnant sur le golfe de Gênes - 10-11 novembre 1957

L'installation de la dépression sur le golfe de Gênes, au débouché de la Péninsule Ibérique, introduit de nouveaux états de l'atmosphère. Bien sûr, le flux maritime froid qui se maintient dans le secteur postérieur de la dépression, continue à entretenir une ambiance thermique à nuance froide ; à Porto même, il gèle presque sous un ciel dégagé qui favorise le rayonnement nocturne (fig.144). Mais, l'évolution de cette masse d'air introduit toujours des effets pluviométriques contrastés.

Bien plus, cette opposition s'accroît brutalement le 10 novembre. Alors que le beau temps se prolonge dans le Minho, et qu'il gagne toute la Galice, il continue à pleuvoir et à neiger sur les Cantabriques. Mais surtout, on assiste à une brutale recrudescence des précipitations limitée aux régions basques ; dans la seule journée du 10, d'importantes quantités d'eau s'abattent sur la bordure littorale et sur les collines intérieures : plus de 40 mm à S. Sébastien et à Biarritz, 94 mm à Articuza. Cette action pluviométrique sur le Guipuzcoa est bien caractéristique d'une telle situation dont les effets ont déjà été analysés pour l'hiver et le printemps<sup>(3)</sup>. Avec l'établissement d'un flux plus méridien dans le secteur NO de la dépression, l'air froid se déplace selon une direction plus nettement perpendiculaire à l'orientation des obstacles montagneux. Par suite, son écoulement est plus fortement canalisé entre les Pyrénées et les Picos de Europa, ce qui active les mouvements ascendants internes.

Mais, après l'analyse du radiosondage effectué à Bordeaux, le 9 au soir on peut se demander si ces fortes pluies ne sont pas alimentées par le refroidissement d'un air plus chaud et humide ; par rapport à la veille on enregistre en

-----  
(3) cf. étude du type de temps - 15-16 avril 1958.



effet une advection d'air chaud dans la moyenne troposphère ( $\theta'w = 12^\circ$  à 500 mb). Peut-être faut-il voir là le résultat d'une pénétration d'une masse d'air venue du bassin méditerranéen et entretenant un système nuageux en spirale, dont l'extrémité s'étire vers les régions basques. Il en résulte ainsi une évolution identique à celle du temps perturbé frais de SO.

c) Type de temps cyclonique avec une dépression arctique traversant le N de la Péninsule - 27-29 nov. 1947.

Exceptionnellement en automne, le front arctique se manifeste par une dépression traversant d'O en E la Péninsule Ibérique. Mais, lorsqu'une telle situation se produit en circulation méridienne, elle est à l'origine des plus grands froids humides d'automne, qui marquent une installation précoce de l'hiver...

Ainsi du 27 au 29 nov. 1947, une dépression fortement creusée traverse le N de l'Espagne en suivant justement l'axe des Cantabriques. Elle résulte encore de la conjonction d'une ondulation du front polaire né sur l'Atlantique occidentale et d'une colonne cyclonique froide détachée d'une ample vallée planétaire sur la façade occidentale de l'Europe. Régénérée la perturbation atlantique provoque sur le N de l'Espagne un puissant mouvement de convergence des masses d'air. Un large secteur chaud d'air Pm, s'enfonce dans une puissante coulée arctique qui envahit rapidement tout le domaine océanique et s'étale jusqu'au Maroc. En fait pendant trois jours, des masses d'air de plus en plus froides déferlent sur le N de la Péninsule Ibérique et dans le détail l'évolution du temps est commandée par deux données :

- les passages successifs des fronts froids secondaires accompagnés de formations nuageuses denses (Ns et Cb) qui provoquent des averses de forte intensité et des chutes de neige sur les plateaux et les massifs montagneux.
- le degré d'instabilité des masses d'air qui favorise plus ou moins le développement des cumulonimbus responsables d'averses de plus courte durée.

Cependant, l'évolution de ces masses d'air en fonction des conditions géographiques introduisent des variations régionales qui apparaissent identiques à celles des autres types de temps cycloniques froids.

Dans la Galice et le Minho domine un temps très variable, caractérisé par des passages nuageux alternant avec des éclaircies. Mais celles-ci sont plus fréquentes dans les Rías Bajas et le Minho, en fonction de l'évolution de l'air arctique s'étalant vers le S. Ainsi les précipitations diminuent-elles régulièrement de la Corogne qui reçoit 29 mm d'eau, à Porto qui recueille à peine 5 mm au cours de ces trois jours. Dans les régions Vascocantabriques, règne un temps plus triste qui reste nébuleux en permanence. Un corps nuageux épais alimente des précipitations plus durables qui fournissent des quantités importantes d'eau durant ces trois jours : 62 mm à Gijón, 46 mm à Santander et 65 mm à S. Sébastien !

Mais dans toutes ces régions l'ambiance thermique froide représente un trait constant ; partout, l'advection des masses d'air d'origine arctique est responsable d'une baisse brutale de la température dans la nuit du 28 novembre. Dès lors, toutes les stations enregistrent des températures nettement inférieures aux normales des mois du plein hiver. Les premiers records du froid sont atteints en fin d'automne 1947.

avec des températures minimales très faibles enregistrées pendant les nuits du 29 et du 30 : entre 2° et 3° à S. Sébastien Santander et La Corogne ; 0°4 à Porto où le rayonnement nocturne est plus important. De même les températures maximales atteignent des niveaux peu élevés, qui varient en fonction de la nébulosité : 7 à 8° dans les régions littorales vasco-cantabriques, 9 à 10° dans les rías galiciennes 10° à 11° dans la région de Porto.

Bien sûr, le froid est encore plus vif sur les plateaux intérieurs et les massifs montagneux. Déjà à 200 et 300 m d'altitude, il neige dans la région de St Jacques de Compostelle tandis que le thermomètre varie entre 0° et 5°. Il ne doit guère dégeler sur les versants supérieurs à 1500 m puisque les températures maximales ne dépassent pas 3° dans les stations situées à 1000 m d'altitude : Montalegre dans le N du Minho, et Piedrafita de Cebrero, dans la Sierra de Ancares à la limite orientale de la province de Lugo.



## II - LES TYPES DE TEMPS ANTICYCLONIQUES EN AUTOMNE

=====

Dans les régions océaniques de l'Espagne et du Portugal, la succession des états de l'atmosphère en automne est encore définie par une fréquence relativement importante des types de temps anticycloniques : 51 % en octobre, 48 % en novembre. C'est dire que pendant les mois pluvieux, l'ambiance atmosphérique est encore fortement marquée par les situations anticycloniques dont les effets sont extrêmement variés en fonction des structures, mais également, pour une structure donnée, en fonction des régions.

Car nous retrouvons là les difficultés soulevées par l'analyse et la classification des types de temps anticycloniques pendant une saison intermédiaire au cours de laquelle les bilans radiatifs sont en train de changer de signe, ainsi que les contrastes thermiques océan-terre. Néanmoins, une étude des distributions des couples thermiques diurnes maximums-minimums, selon les principaux types de situations synoptiques (fig. 145) nous permet de dégager deux grandes idées que nous avons déjà soulignées à propos des autres saisons. D'abord, le caractère thermique du temps à l'échelle régionale est toujours influencé par la structure de l'anticyclone à l'échelle supérieure continentale. Mais, dans le cadre du domaine océanique, cette influence varie fortement d'une région à l'autre. Ainsi, il existe des situations de hautes pressions qui font régner une ambiance thermique similaire dans toutes ces régions. En revanche, d'autres situations anticycloniques qui présentent de nombreux caractères identiques sur l'ensemble du domaine océanique entretiennent une forte variation géographique des états de l'atmosphère.

En combinant structure des anticyclones et effets régionaux, il est possible de dégager les grands ensembles suivants :

- les types de temps anticycloniques frais généralisés
- les types de temps anticycloniques à faciès régionaux très contrastés
- les belles journées anticycloniques étendues à toutes les régions océaniques.

## IIa - LES TYPES DE TEMPS ANTICYCLONQUES FRAIS GENERALISES.

-----

La dorsale barométrique alimentée par une expulsion froide à l'arrière d'une perturbation, est responsable d'une amélioration du temps. Comme pendant les autres saisons, l'augmentation brutale de la pression renforce le temps de traîne : le ciel continue à s'éclaircir, parcouru par des cumulus de plus en plus dispersés, rarement générateurs d'averses localisées. Cependant en automne, les masses d'air froid venues directement de régions septentrionales où le bilan thermique est définitivement négatif, évoluent aux approches de la Péninsule Ibérique sur les eaux océaniques de surface encore tièdes, alimentant une abondante évaporation. Dès lors, les basses couches de ces expulsions polaires présentent des conditions d'instabilité élevée (instabilité sélective et instabilité potentielle) qui peuvent favoriser le déclenchement des précipitations à l'intérieur même de l'aire de hautes pressions, en dehors de tout passage de surface de discontinuité : comme un soulèvement en bloc de ces couches froides au-dessus de reliefs élevés accentue les phénomènes de condensation, les régions vascocantabriques connaissent un type de temps très nuageux et parfois très pluvieux.

Evidemment ces derniers caractères sont plus sensibles lorsque les expulsions froides évoluent à la limite occidentale d'une vallée planétaire de grande amplitude en circulation méridienne.

A- TYPES DE TEMPS FRAIS ET HUMIDES DE DORSALE BAROMETRIQUE

-----  
EN CIRCULATION ZONALE.  
-----

Toutes les variétés de ce type de temps étudiées à propos des autres saisons peuvent se<sup>te</sup> produire en automne. Toutefois pour les raisons évoquées ci-dessus, l'installation d'une dorsale peut s'accompagner d'un temps pluvieux sur les régions vascocantabriques et surtout dans le Guipuzcoa.

Ex. d'un temps anticyclonique frais à pluviosité variable à l'arrière d'une perturbation d'O - 17-18 nov. 1969.

Le 15-16 novembre 1969, une perturbation d'Ouest traverse les Iles Britanniques. Elle dirige deux fronts froids qui provoquent le mauvais temps pluvieux dans la journée du 16 et la nuit du 17. Pourtant la Galice située à la limite de la dépression n'est touchée que par les extrémités méridionales des fronts. Mais aussitôt après le passage du dernier front, la pression augmente et l'anticyclone centré sur l'océan Atlantique N, se prolonge au-dessus de la Péninsule Ibérique par une forte dorsale qui commande pendant deux jours un temps frais dans tout le domaine océanique.

De fait le 17, les températures sont en faible baisse par rapport à la période précédente de temps perturbé et malgré une légère amélioration, les températures du 18 restent nettement au-dessous des normales (f ig. 146a). D'ailleurs, cette amélioration se fait sentir dans la Galice et le Minho seulement.

Car, l'évolution de l'air instable expulsé introduit une forte variation de la nébulosité comme l'on peut le constater à la lecture des photographies de satellite Essa 8.



Ainsi du 17 au 18, le ciel s'éclaircit sur la Galice et le Minho ; du jour au lendemain la structure cellulaire ouverte du ciel, mosaïque de cumulus disposés en cercles non fermés, diminue de densité. Dans le Minho et les Rías Bajas, les averses disparaissent entièrement et le soleil brille presque toute la journée. Toutefois, quelques averses continuent à se produire dans la Galice septentrionale, au N et au NE, les pluies sont encore abondantes dans la nuit du 18, au cours de laquelle la station du Cap Bares recueille 10 mm.

En réalité, ce temps frais pluvieux se renforce dans les régions vascocantabriques. Les températures ne sont guère plus faibles, mais le ciel reste en permanence couvert d'un épais corps nuageux (Sc - Ns - Cb). Or, cette masse nuageuse visible, des hauts plateaux de la Galice orientale aux Pyrénées, ne correspond pas à une formation frontale. En effet, le 17 novembre au matin le dernier front froid de la perturbation d'O, a déjà atteint les régions méditerranéennes et le SE de l'Espagne. De plus, la photographie de satellite du lendemain met en évidence le renforcement de cette masse nuageuse dans la nuit et la matinée du 18, tandis que le front froid continue à s'éloigner, au-dessus de la Méditerranée. Ce renforcement se concrétise même par une augmentation des averses et des précipitations le 18 par rapport à celles de la veille.

Cette évolution pluvieuse s'effectue donc bien à l'intérieur de l'expulsion froide, dans une aire de hautes pressions nettement supérieures à 1020 mb. Celle-ci représente en fait une dorsale barométrique peu épaisse, surmontée dans la moyenne troposphère par un flux rapide de N NO sur le versant occidental de la vallée planétaire du courant d'O. Ainsi, les mouvements ascendants de l'air froid ne sont pas entravés dans les niveaux élevés par une puissante subsidence. Or, justement l'air froid expulsé présente de fortes conditions d'instabilité qui apparaissent sur les radiosondages de La

Corogne. L'épaisseur de la couche convectivement instable qui dépasse 5000 m, explique bien les abondantes condensations et les fortes pluies sur les régions vascocantabriques après le soulèvement en bloc de l'air froid, au-dessus des massifs montagneux. Encore un exemple de pluies orographiques liées à une advection d'air froid instable.

- B) TYPES DE TEMPS ANTICYCLONIQUES FRAIS ET HUMIDES EN CIR-  
-----  
CULATION MERIDIENNE N.  
-----

L'extension de l'anticyclone maritime sur l'Europe Occidentale est due cette fois à l'affaissement de l'air polaire froid à l'arrière d'une perturbation de N. Dans son secteur oriental, l'anticyclone est alors peu épais ; l'aire de hautes pressions supérieures à 1020 mb qui affecte tout le domaine océanique est surmontée dans la moyenne troposphère par le versant occidental de la vallée froide planétaire. Le puissant flux de N qui caractérise ainsi la circulation en altitude, peut assurer une advection prolongée pendant plusieurs jours, d'un air froid instable qui aborde les régions septentrionales de l'Espagne en suivant une direction perpendiculaire à celle des obstacles topographiques. L'action de ces derniers est alors plus sensible et un type de temps frais, pluvieux se maintient plusieurs jours dans les régions vascocantabriques tandis que les transformations de l'air froid sur la bordure occidentale assurent un temps frais, mais de plus en plus ensoleillé de la Galice au Minho. Ainsi, les variations régionales de la nébulosité et de la pluviosité sont nettement plus accentuées que lors de l'installation d'une dorsale barométrique en circulation zonale.

Ex. d'anticyclone maritime thermique de N-NO. ex 26-28 octobre 1956. Le renforcement des variations régionales de la nébulosité.

Les différents états de l'atmosphère qui se succèdent du Guipuzcoa au Minho pendant les derniers jours d'octobre 1956, illustrent remarquablement les effets d'un anticyclone maritime thermique alimenté par une expulsion froide méridienne. En particulier à partir du 26 octobre, la pression augmente sensiblement sur le N de la Péninsule à la suite de l'extension vers l'E d'un anticyclone centré sur l'Atlantique dans la région du point K (fig. 146b). En réalité, le secteur oriental de cette cellule de hautes pressions correspond à l'affaissement de l'air froid expulsé sur la bordure occidentale d'une puissante coulée arctique ( $-35^{\circ}$ ,  $-30^{\circ}$  à 500 mb) qui s'est avancée du N de la Scandinavie au bassin occidental de la Méditerranée. Aussi au-dessus de l'ensemble de la Péninsule, l'anticyclone est-il peu épais, surmonté en altitude par de l'air très froid qui s'écoule rapidement en décrivant un mouvement circulaire à courbure cyclonique.

Dans ces conditions, le mouvement de subsidence n'est pas suffisant pour limiter le développement de l'instabilité de l'air froid qui s'élève au-dessus des régions vascobasques. Dans le golfe de Gascogne, la structure verticale de la basse et moyenne troposphère présente des conditions d'instabilité sélective qui s'accroissent avec l'accroissement de la température des basses couches de l'air, lors de son extension vers le S (cf. le radiosondage à Bordeaux, et l'évolution possible de la courbe d'état dans les régions littorales cantabriques). De plus, la diminution de l'humidité de l'air en fonction de l'altitude crée des conditions d'instabilité potentielle, favorables à l'accélération des mouvements ascendants, d'autant plus que le déplacement de l'air froid soulevé et les obstacles topographiques sont disposés selon



des directions orthogonales.

En revanche vers l'O en direction du centre de l'anticyclone, l'air froid commence à s'étaler au-dessous d'une crête d'air chaud du courant d'O. Celle-ci explique l'apparition d'une inversion de température et l'arrêt de l'extension en altitude de l'instabilité de l'air froid (cf. radio-sondage du point K). Cette structure n'existe peut-être pas encore au-dessus de la Galice, comme le souligne la courbure cyclonique des isohypses sur la carte isobarique 500 mb du 27 octobre, mais ce qu'il y a de certain, c'est la transformation des mouvements et des caractères de l'air froid selon des mécanismes bien connus : affaissement de l'air froid au-delà des massifs de la chaîne cantabrique et de la Galice septentrionale, déflexion horizontale favorable à des mouvements divergents et anticycloniques de l'air...

Dès lors si les températures, et plus particulièrement les températures minimales sont partout inférieures aux normales, les aspects du ciel présentent de fortes oppositions régionales : formations nuageuses denses (St et Cb) au-dessus des régions vascocantabriques, plus irrégulières et dispersées en Galice septentrionale, ciel clair en permanence au-dessus du Minho. Ces variations du ciel s'accompagnent évidemment des fortes variations de la pluviosité. Dans les régions vascocantabriques les averses de pluies se succèdent fréquemment (fig.146b) et font place à des bourrasques de neige sur les sommets élevés (Leitariegos), tandis que dans la région de La Corogne les ondées deviennent très rares et que le soleil brille toute la journée dans les Rías Bajas et le Minho.

Ce contraste climatique est d'autant plus important que dans ces conditions synoptiques les différents états de l'atmosphère se succèdent plusieurs jours et qu'ils se prolongent en s'accroissant lorsque ce type d'anticyclone froid

peu épais, fait place à un anticyclone dynamique à alimentation froide.

I Ib - LES VARIATIONS REGIONALES DES AMBIANCES THERMIQUES AVEC LES  
-----  
ANTICYCLONES MARITIMES DYNAMIQUES A ALIMENTATION FROIDE  
-----

Comme pendant les autres saisons, ce type de situation succède souvent à la dorsale barométrique. Après le déplacement au-dessus de l'Europe occidentale de la crête chaude du courant d'O, l'anticyclone se prolonge en altitude. Sa structure verticale est alors caractérisée par une inversion de température que traduit une discontinuité de deux masses d'air différentes : une masse d'air maritime froid plus ou moins instable dans les basses couches, une masse d'air plus chaud et subsident dans la moyenne troposphère. Cette structure est alors défavorable au développement des mouvements ascendants ; le ciel s'éclaircit, les températures sont en légère hausse.

Mais si les averses cessent dans les régions vasco-cantabriques, cette amélioration du temps est nettement supérieure dans le Minho, de sorte que les variations géographiques des états de l'atmosphère sont encore plus sensibles.

- A) LES VARIATIONS REGIONALES AVEC ANTICYCLONES MOBILES EN  
-----  
CIRCULATION ZONALE.  
-----

En circulation zonale, ce type d'anticyclone dynamique à structure complexe remplace rapidement la dorsale pelliculaire de hautes pressions et précède l'installation de

l'anticyclone maritime chaud. Les états de l'atmosphère associés à la présence de cet anticyclone mobile à alimentation froide sont donc généralement de courte durée, bien que leurs limites ne soient pas toujours faciles à déterminer. Ainsi, leurs aspects qui ont déjà été analysés dans des conditions de circulation identique durant les autres saisons<sup>(1)</sup>, peuvent se maintenir après l'extension sur l'Europe occidentale du front chaud.

- La stagnation de l'air froid au-dessus du N de la Péninsule pendant l'extension vers l'E de l'anticyclone maritime chaud - 23-24 novembre 1962.

De fait la carte synoptique du 23 novembre 1962, 18 h suggère l'installation de l'extrémité orientale de l'anticyclone maritime chaud sur tout l'O de l'Europe qui commence à être envahi par le front chaud. Or, le radiosondage effectué dans la nuit du 24 (fig 147a) confirme la pérennité de la structure de l'anticyclone maritime dont les basses couches continuent à être alimentées par de l'air froid expulsé. Cependant, ce dernier évolue vers une plus grande stabilité en continuant à s'enrouler vers le SO. Dès lors, avec l'accroissement en altitude de la subsidence, le temps s'éclaircit et le thermomètre amorce une légère remontée au cours de la journée du 24.

Bien que cette évolution soit sensible dans le Guipuzcoa, le temps reste frais du fond du golfe de Gascogne à la Galice septentrionale. Car dans ces régions les températures maximales sont inférieures aux normales et les minimums nettement faibles par suite du fort rayonnement nocturne. A l'autre extrémité dans le Minho, où le ciel est très dégagé, la chute

---

(1) cf. exemple du 15-16 février 1962.



des minimums thermiques est également remarquable, contribuant à augmenter les rythmes thermiques diurnes.

Ainsi, si les précipitations disparaissent dans les régions vascocantabriques, les variations régionales de l'ambiance thermique se maintiennent et s'accroissent tant que l'air froid expulsé s'étale vers le S et le SO. Mais, cette évolution est interrompue dans la soirée du 24 avec l'irruption du front froid associé à une perturbation d'O septentrionale.

- B) L'ACCENTUATION DES CONTRASTES REGIONAUX AVEC L'ANTICYCLONE

-----  
MARITIME BLOQUE  
-----

-Temps frais dans les régions vascocantabriques -  
temps ensoleillé et tiède dans le Minho - ex. du 3-5 oct. 1957.

Les oppositions thermiques entre les différentes régions sont plus sensibles lorsque l'anticyclone se stabilise au NO de la Péninsule Ibérique en période de circulation méridienne bloquée. A partir du 3 octobre 1957, la crête chaude ( $-10, -15^{\circ}$ ) axée sur l'océan s'étend sur le golfe de Gascogne et la France, tandis qu'une goutte froide détachée d'une coulée polaire scandinave atteint le SE de l'Espagne. Ce type de circulation placé alors le NO de la Péninsule Ibérique dans le secteur SE d'un anticyclone épais alimenté dans ces basses couches par de l'air froid qui évolue rapidement, mais qui peut être renouvelé par de nouvelles expulsions.(fig. 147b)

L'évolution de la structure de la bordure orientale de l'anticyclone océanique ressort nettement de l'analyse des radiosondages de la station de Bordeaux. Après l'irruption de l'air très froid et instable (instabilité absolue le 1er octobre 11 h.) alimentant le secteur NO de la goutte froide,

l'advection de l'air chaud en voie de subsidence souligne l'extension en altitude de l'anticyclone. Et bien que l'air froid polaire se maintienne dans les niveaux inférieurs, le temps se modifie dans toutes les régions du domaine océanique.

Les fortes averses qui ont pu éclater dans les Asturies le 1er et le 2, cessent brutalement avec la disparition des nuages à fort développement vertical (Cb). Simultanément du Guipuzcoa à la Galice septentrionale, une augmentation de l'ensoleillement, après dissipation des brouillards matinaux, s'accompagne d'une légère hausse des températures maximales. Mais, c'est encore dans le Minho, que l'évolution de l'air froid s'étalant vers le SO provoque le réchauffement le plus sensible. Là avec un ciel complètement dégagé, l'accroissement de la subsidence se concrétise par une remarquable augmentation des températures qui dépassent de 2 à 3° les normales du mois.

Ainsi, nous retrouvons la forte opposition régionale, entretenue par les anticyclones dynamiques océaniques à alimentation froide, dirigeant en permanence des vents de NE. Comme pendant les autres saisons, un temps frais faiblement nuageux des régions vascocantabriques et de la Galice septentrionale fait place brusquement, dans les Rías Bajas et le Minho, à un temps tiède, ensoleillé. Ainsi dans ces dernières régions, la plus grande fréquence des belles journées automnales, aux rythmes thermiques contrastés, est due en grande partie à des advections d'air polaire froid en voie de subsidence, et non à une fréquence plus élevée des masses d'air chaud d'origine tropicale ou méditerranéenne.

Ce sont bien les données dynamiques résultant de la structure de l'anticyclone qui activent la transformation de l'air froid. Ainsi, dans l'après-midi du 4, une nouvelle expulsion froide s'étale sous la crête chaude de la moyenne

troposphère, il en résulte l'irruption d'un front froid qui provoque de très faibles pluies et une baisse de température dans les régions vascocantabriques. Mais au cours de son déplacement vers le SO, cette surface de discontinuité dégénère, finit par "s'effacer" sous l'action de la subsidence anticyclonique et par ne plus avoir aucune influence sur le temps si ce n'est qu'une très faible baisse de températures : quelques dixièmes de degrés à Porto, le 5 octobre.

Ces contrastes régionaux d'ailleurs se maintiennent lorsque les centres anticycloniques se stabilisent sur l'Europe et finissent par diriger sur le N de la Péninsule, de l'air froid continentalisé.

IIc - LES TYPES DE TEMPS VARIABLES LIES AUX ANTICYCLONES A SITUATION CONTINENTALE. LES PREMIERS FROIDS SECS DANS LES REGIONS INTERIEURES DU DOMAINE OCEANIQUE.

A la fin de l'automne plus particulièrement, l'extension sur la Péninsule Ibérique des anticyclones centrés sur l'Europe est responsable dans l'ensemble du domaine océanique, d'un temps peu nuageux à rythmes thermiques diurnes contrastés. En réalité, l'accroissement de l'amplitude thermique diurne est principalement sensible dans les régions vascocantabriques et la Galice septentrionale où les températures sont inférieures aux normales. Par contre, dans le Minho l'ambiance thermique présente de nombreuses analogies avec celles qui accompagnant les anticyclones maritimes dynamiques. C'est que l'air polaire continentalisé qui alimente des vents frais d'E-NE sur le golfe de Gascogne, s'affaisse et diverge dans les Rías Bajas et le Minho.



De plus, cet air polairecontinentalisé qui s'étale dans les basses couches devient très radiatif au-dessus des régions intérieures, des bassins isolés de la Galice ou des Cantabriques. Là, le rayonnement nocturne, élevé au-dessus des surfaces continentales durant les longues nuits claires, entraîne la chute brutale des températures minimales, l'apparition de fortes gelées, et le renforcement de la continentalisation de la masse d'air, avec forte inversion de température. Comme en hiver, les fortes variations du bilan radiatif en fonction des conditions géographiques accentuent les contrastes entre les régions littorales et les régions intérieures dans le cadre de cette situation anticyclonique.

Les facteurs géographiques de l'évolution de la masse d'air froid venu du continent tendent d'ailleurs à annihiler les effets des différences de structure que peut présenter successivement l'anticyclone européen. Le secteur occidental de ce dernier est toujours bien alimenté par un flux méridien de NE à E, mais cet air froid s'affaisse soit sous la bordure orientale d'une ondulation anticyclonique du courant d'O, soit dans le secteur N d'une goutte froide qui se déplace d'E en O à la limite méridionale d'un cutoff high et dont le tourbillon relatif prend une valeur négative avec la diminution de la hauteur de la colonne froide.

C'est dans le cadre de l'évolution d'une telle circulation méridienne que dure un temps frais et ensoleillé pendant la majeure partie de la deuxième quinzaine de novembre 1958.

La variété régionale des types de temps à caractères continentaux avec l'anticyclone européen - 16-23 novembre 1958.

Pendant ces sept jours, la Péninsule Ibérique est située dans le secteur SO d'un vaste anticyclone continental

centré d'abord sur l'Europe du N, ensuite sur l'Allemagne. Or, le secteur occidental de l'aire de hautes pressions qui semble homogène dans le temps, varié en réalité de structure. Dans la moyenne troposphère, des phases différentes de circulation méridienne stable se succèdent au-dessus du N de la Péninsule et du golfe de Gascogne (fig.148 ). En fait, ces régions semblent être à la limite de deux cellules anticycloniques : l'une détachée (cutoff high), stabilisée sur l'Europe du NE, l'autre plus mobile sur la façade atlantique de l'Europe et résultant d'une amplification d'une ondulation d'un courant d'O plus rapide au-dessus de l'Atlantique et dont la progression est stoppée vers l'Europe où évolue justement la circulation méridienne bloquée<sup>(1)</sup>.

Entre ces deux cellules, la colonne froide cyclonique isolée sur le bassin méditerranéen s'insinue et s'étale vers l'O puis le S. Mais ces expulsions d'air froid qui passent, juste au-dessus du golfe de Gascogne, le 18 novembre puis le 21 novembre<sup>n</sup>, entraînent pas pas l'irruption de perturbations dépressionnaires. L'expansion en surface de la cellule froide doit en effet provoquer la diminution du tourbillon cyclonique, et d'autre part la continentalisation des basses couches de l'atmosphère est assez avancée pour créer des conditions défavorables à un développement de l'instabilité : fort refroidissement nocturne et humidité relative peu élevée.

D'où des variations géographiques du temps beaucoup plus importantes que les variations d'un jour sur l'autre liées aux modifications de structure dynamique de l'anticyclone. L'étude des changements thermiques diurnes pour différentes stations du domaine océanique met bien en évidence ce caractère

-----

(1) Ainsi ce type de situation stable dans les basses couches de l'atmosphère se développe à la jonction de deux phases différentes du cycle de circulation des courants d'O, au-dessus de la zone Atlantique-Europe des latitudes moyennes.

important. A peine si le passage des gouttes froides, des 18 et 21 novembre, se traduit par une baisse des minimums thermiques et une diminution de l'ensoleillement dans les régions vascocantabriques ; avec 45 % de rapport d'insolation à Santander, pour 70 à 85 % les autres jours. En revanche, les écarts entre les régions sont beaucoup plus évidents. L'ambiance atmosphérique dépend de l'évolution de l'air polaire maritime de retour ( $\theta_w = 8$  à  $10^\circ$ ,  $z = 4$  à  $6$  gr à 900 mb, selon les radiosondages de La Corogne et de Bordeaux) qui s'affaisse à la limite des grandes cellules dynamiques de la circulation générale. Or, cette évolution dépend des conditions géographiques : position de la région par rapport à l'écoulement de l'air froid inférieur, nature du substratum géographique.

Dans les régions littorales, du Pays Basque à la Galice septentrionale, exposées directement aux vents d'E-NE frais, le temps est peu chaud, malgré un ensoleillement relativement élevé. Avec des minimums nocturnes nettement inférieurs aux normales, les nuits sont relativement froides et des brouillards de rayonnement se développent le long des côtes du golfe de Gascogne et dans les fonds de vallées. Et si au cours de la journée, le ciel s'éclaircit, traversé seulement par des Cu isolés, le réchauffement est insuffisant pour permettre aux températures maximales de dépasser les normales. (fig. 149).

Les rythmes thermiques diurnes sont beaucoup plus contrastés dans les Rías Bajas et le Minho qui sont dans une position sous le vent et qui reçoivent de l'air très subsident pour les mêmes raisons analysées à propos des anticyclones maritimes dynamiques. Dès lors dans ces régions, l'élévation de la température au cours de la journée est sensible, et le temps est très doux sinon même tiède pour la saison ( $20^\circ$  à Vigo le 21 !). Par suite la perte d'énergie au cours des nuits



claires est plus importante que dans les régions précédentes.

Mais ce processus de continentalisation est principalement poussé dans les régions intérieures, éloignées de l'influence directe de l'Océan. Bien sûr, le froid nocturne est vif sur les massifs montagneux. Mais, il gèle déjà régulièrement dans les dépressions isolées ou les fonds de vallées de la Galice intérieure : Bassin de Lugo, Ginzo de Limia, vallées du Minho (Orense) et du Sil. Bien plus, dans ces régions relativement déprimées, il fait parfois plus froid que sur les hauteurs environnantes. Pendant cette période le minimum absolu enregistré dans le bassin de Lugo est de  $-4,5^{\circ}\text{C}$  -  $2^{\circ}\text{C}$  dans la station de Piedrafita, à 1100 m d'altitude sur les hauteurs qui séparent la Galice orientale du Bierzo. Ainsi, l'accumulation de l'air refroidi et alourdi durant les nuits claires et calmes facilite l'apparition d'inversion de température lors de ces types de situation anticyclonique.

## II d - LES BELLES JOURNEES ANTICYCLONIQUES EN AUTOMNE.

-----

En automne, le beau temps sec est encore caractérisé par des valeurs élevées des températures maximales :  $22^{\circ}$  à  $30^{\circ}$  en octobre dans l'ensemble du domaine océanique. Ces belles journées sont évidemment liées aux types synoptiques déjà connus :

- anticyclone océanique en circulation zonale rapide, ou mixte, qui correspond toujours à une expansion des hautes pressions des Açores et qui dirige... un flux d'E-NE permanent dans les basses couches.

- anticyclones à situation plus continentale, responsables de montées plus sensibles du thermomètre, car leur secteur O qui affecte le N de la Péninsule Ibérique correspond à la bordure occidentale de la crête chaude des westerlies. L'advection d'air chaud maritime subsident provoque alors une vague de chaleur dont la durée dépend du type de circulation.

Cependant, les aspects du beau temps ne sont pas toujours constants dans tout le domaine océanique. L'anticyclone maritime qui dirige des vents de NO et de NE, fait régner en général dans le Minho et les Rías Bajas, des températures plus élevées que celles enregistrées dans les régions vascocantabriques. Par contre, le temps chaud à caractère souvent estival se propage à toutes les régions océaniques avec le deuxième type d'anticyclone.

#### A - LA VARIÉTÉ DU BEAU TEMPS AVEC L'ANTICYCLONE

##### ----- MARITIME CHAUD. -----

L'extension sur l'Europe Occidentale de l'anticyclone des Açores, avec le déplacement d'une crête chaude, introduit effectivement des différenciations thermiques sensibles entre le Minho et les régions vascocantabriques. Bien sûr, partout le temps est faiblement nuageux, partout les températures dépassent les normales, mais dans la journée, les maximums thermiques des stations littorales du Minho et de la Galice sont nettement supérieures à celles des stations côtières du fond du golfe de Gascogne.

1°) Le temps chaud limité au Minho et à la Galice avec l'extension de l'anticyclone maritime chaud - 26-30 sept. 1963.

Lors des derniers jours de septembre 1963, l'extrémité NE de l'anticyclone s'étend progressivement sur tout le N de la Péninsule Ibérique. Son extension correspond au déplacement d'une crête anticyclonique du courant d'O, lors d'une phase de circulation zonale rapide. Comme l'axe de celle-ci est situé à des latitudes exceptionnellement élevées, les perturbations d'O sont refoulées vers le N, de sorte que l'air chaud maritime subsident progresse entre deux dorsales barométriques d'air froid. Le beau temps anticyclonique évolue donc entre le passage de deux fronts internes à une vaste zone de hautes pressions qui s'étend de l'Atlantique occidentale à l'Europe occidentale (fig.150).

En réalité, les données de la situation synoptique correspondent bien à celles de l'anticyclone maritime d'O, décrites plus particulièrement par P. Pedelaborde<sup>(1)</sup> à propos de la circulation atmosphérique sur les Pyrénées. De fait, alors que l'air chaud subsident est déjà installé sur la façade occidentale de la Péninsule, l'air froid de la dorsale barométrique continue à évoluer sur le fond du golfe de Gascogne, en contournant l'extrémité de l'anticyclone des Açores. Ainsi, s'il fait beau et chaud depuis le 26 septembre à Porto, il faut attendre le 29 septembre pour que la cellule maritime chaude atteigne les régions vascocantabriques après le passage lent d'un front peu actif, et encore glisse-t-elle au-dessus d'une couche d'air maritime plus frais stagnant sur le golfe au N de la chaîne cantabrique. C'est pourquoi l'enchaînement des états de l'atmosphère diffère dans les différentes régions.

Sur la façade septentrionale des Cantabriques le 28, le ciel se dégage lentement de la couche de stratus qui accom-

---

(1) P. PEDELABORDE (516) p. 22.



pagne le front responsable de très faibles pluies de type crachin, dans les régions basques. Après l'expulsion vers l'E du front les deux jours suivants, et malgré un fort ensoleillement, les températures maximales ne sont guère plus élevées que celles du 28 ; à Santander le thermomètre ne monte que de  $0,8^{\circ}$  le 29 par rapport à la veille. Ainsi, la bordure littorale vascocantabrique connaît un temps doux, aux températures maximales dépassant de 1 à  $2^{\circ}$  les normales, mais un temps ensoleillé agréable qui dure jusqu'à l'approche du front froid en fin de journée du 30.

Dans la Galice et le Minho, la succession des états de l'atmosphère est plus rythmée. L'advection de l'air chaud provoque immédiatement l'augmentation sensible de la température maximale qui ne cesse de croître à l'approche de l'axe de la crête anticyclonique du courant d'O où le tassement dynamique atteint les valeurs les plus élevées. De fait à Porto, le maximum thermique passe de  $27^{\circ}$  le 26 à  $33^{\circ}8$  le 27,  $32^{\circ}4$  le 28 et  $29^{\circ}2$  le 29. En Galice septentrionale, le temps chaud s'installe plus tardivement. Ici encore, l'air chaud glisse lentement au-dessus de l'air froid maritime dont la présence dans les basses couches est confirmée par les radiosondages. Cependant avec l'arrivée de l'axe de crête anticyclonique l'air chaud subsident finit par chasser l'air froid ; l'inversion de température s'abaisse fortement et elle ne se maintient que parce que les basses couches de l'air chaud se refroidissent au contact de la surface de l'océan le long de la côte de la Galice septentrionale où les eaux froides doivent s'accumuler sous l'effet des vents d'E-NE soufflant alors en permanence. Dès lors, la température augmente brutalement ; à La Corogne après avoir atteint péniblement  $20^{\circ}8$  le 27, le thermomètre dépasse  $26^{\circ}$  les jours suivants qui connaissent un beau temps ensoleillé.

Ainsi, l'anticyclone des Açores est-il encore à l'origine de belles journées lumineuses durant l'arrière saison. Mais, il contribue également à différencier les régions climatiques à rendre principalement l'automne plus chaud dans les Rías Bajas et le Minho. L'importance et la durée de ce contraste est évidemment fonction du type d'évolution de l'anticyclone maritime chaud.

2°) L'atténuation des contrastes avec un anticyclone maritime chaud mobile sur le golfe de Gascogne - 2 octobre 1968.

L'anticyclone constitué d'air Pm chaud peut être entraîné rapidement vers l'E en fonction du déplacement de la crête d'air chaud du courant zonal. Dès lors, le centre de hautes pressions se déplace du golfe de Gascogne à l'Europe centrale en longeant le parallèle  $45^{\circ}$ . Le 2 octobre 1948, une cellule anticyclonique se déplace dans la journée au-dessus du golfe de Gascogne. Elle est alimentée par deux masses d'air que sépare un front froid jalonné par une formation nuageuse dense (Sc-Cs) qui approche de la Galice dans la matinée, comme le montre la photographie du satellite Essa 6 (fig. 150 ). Tout le N de l'Espagne est donc envahi par l'air chaud maritime subsident ( $\theta_w = 16^{\circ}$ ). Toutefois, la photographie fait apparaître des variations de nébulosité. Le ciel est entièrement dégagé sur le Minho et la Galice où le soleil brille toute la journée, tandis que, des voiles de stratus apparaissent le long des côtes des Asturies occidentales et du NE de la Galice, de Luarca jusqu'au Cap Vares, ces nappes nuageuses se développent à l'approche du front froid et certainement au contact du courant froid, alimenté par les vents à composante E.

Cette variation de la nébulosité, suggère les différences d'ambiance atmosphérique analysées précédemment, bien

qu'elles soient moins marquées. Ainsi dans les régions vasco-cantabriques, les températures maximales du 2 octobre 1968 sont du même ordre de grandeur que celles du 29 septembre : 21° à Gijón, 20° à Santander, tandis qu'elles sont moins élevées dans la Galice et le Minho : 21° à La Corogne, 25°, 26° à Vigo et à Porto.

3°) Une succession plus durable de l'opposition temps chaud dans le Minho, temps doux dans les régions vascocantabriques avec un anticyclone maritime chaud stable - 7-14 octobre 1963.

Au sol, la situation est identique à celle de la fin septembre 1963 : un vaste anticyclone centré sur le golfe de Gascogne et la France de l'O s'étale de l'Europe continentale aux Açores, alors que les familles de perturbation d'O se déplacent à des latitudes septentrionales. Cet anticyclone peut être réellement considéré comme l'expansion de l'anticyclone des Açores, car c'est un anticyclone dynamique alimenté par de l'air maritime chaud. Mais cette fois, cette expansion se maintient pendant plus d'une semaine parce qu'une longue phase de type de circulation de transition entraîne la stabilité de l'anticyclone maritime sur la façade atlantique de l'Europe. De fait, si la circulation est nettement zonale et rapide au N du parallèle 55°, en revanche, une onde anticyclonique stationnaire s'installe pendant ces huit jours sur la façade O de la Péninsule Ibérique, et est encadrée par des noyaux dépressionnaires sur Madère et la Méditerranée.

Ce sont donc les données de la situation d'anticyclone maritime d'O qui se prolongent pendant plusieurs jours : noyau central de fort tassement dynamique au-dessus du Minho et de la Galice, flux de N-NE moins subsident au-dessus d'une couche d'air frais maritime dans le fond du golfe de Gascogne. Dès



lors, les rythmes thermiques diurnes sont très différents entre le Minho et les régions vascocantabriques (fig. 148 ). A Porto, pendant toute cette période anticyclonique, le temps reste chaud avec une amplitude thermique diurne élevée ( $15^{\circ}$  à  $18^{\circ}$ ) ; durant les belles journées ensoleillées, le thermomètre atteint des records de caractère estival ( $29^{\circ}$ ,  $31^{\circ}$ ) qui contrastent fortement avec les températures minimales des nuits claires. De son côté, Santander connaît un temps doux aux variations thermiques atténuées après la dissipation de brouillards matinaux, le thermomètre enregistre des températures maximales qui dépassent d'un à deux degrés seulement les normales. Et encore, cette succession de temps doux est-elle parfois interrompue par une journée fraîche très nuageuse pendant laquelle un voile de stratus peut provoquer des pluies fines et réduire l'amplitude thermique, comme le 13 octobre.

Cet enchaînement des états de l'atmosphère caractérise également la Galice septentrionale. Comme Santander, la Corogne enregistre une succession de temps doux faiblement contrasté et comme à Santander, le passage du front froid sur le N du golfe de Gascogne se traduit par une brusque baisse de température le 13 octobre. Incontestablement, selon le radiosondage de La Corogne ce jour-là, l'anticyclone est alimenté dans ses basses couches par de l'air froid :  $\theta'w = 12^{\circ}$  à 950 mb au lieu de  $14^{\circ}5$  à 850 mb. Ainsi l'effet du front froid se ferait sentir beaucoup plus au S que ne l'indique son tracé sur la carte (fig. 151) : affaissement de l'air froid à la suite d'une rupture du front, ou zone de mélange en avant de la surface de discontinuité.

Mais auparavant le 11 octobre, comme Porto, la Corogne a connu un temps chaud et ensoleillé. Cette brusque montée du thermomètre était due à une modification de la forme et de la position de l'onde stationnaire ; celle-ci avait déplacé fai-

blement son axe vers l'E, au-dessus du golfe de Gascogne. Placés alors sur la face occidentale de l'onde, le Minho et la Galice recevaient directement un flux chaud et subsident de S. SE.

Nous retrouvons ici la relation constante entre l'établissement d'une circulation méridienne S et le développement d'un temps chaud anticyclonique qui, dans ces conditions, se généralise à toutes les régions océaniques.

#### - B) LES TYPES DE TEMPS ANTICYCLONIQUES CHAUDS GENERALISES

-----

Les fortes chaleurs se répandent sur toutes les régions océaniques lorsque le secteur occidental de l'anticyclone centré sur l'Europe ou le N du bassin méditerranéen est surmonté par la bordure occidentale de crête chaude du courant d'O. La durée du temps chaud est alors fonction de la vitesse de propagation de l'onde anticyclonique dans la troposphère moyenne.

1°) Courte vague de chaleur se propageant rapidement vers l'E avec un anticyclone mobile sur l'Europe et le N de la Méditerranée - 1-2 oct. 1954.(fig. 152 a).

La circulation zonale rapide qui domine pendant tout le mois de septembre 1954 se prolonge au cours de la première semaine d'octobre. Une nouvelle ondulation anticyclonique du courant d'O atteint la façade atlantique de l'Europe le 30 septembre et entretient un anticyclone maritime dont le secteur oriental, affectant la Péninsule, est alimenté par de l'air polaire maritime frais. Mais, le centre de la cellule de hautes pressions qui se meut rapidement le long du parallèle 46° s'installe sur l'Europe et le N de la Méditerranée.

En fait, ce déplacement est lié au mouvement vers l'E de l'onde anticyclonique du courant d'O qui, le 1er octobre, passe au-dessus de la façade occidentale de la Péninsule Ibérique et qui atteint le 20 octobre le fond du golfe de Gascogne et le centre de la France. Incontestablement, l'évolution du temps chaud est liée au passage de l'axe de l'onde où la subsidence est maximale. Si les basses couches de l'atmosphère restent relativement froides au contact de l'océan (cf. radiosondage du point K) malgré l'augmentation du tassement dynamique, dans les régions continentales, ce facteur doit se doubler de l'irruption dans les basses couches de l'air tropical chaud asséché. Ainsi à Bordeaux,  $\theta_w$  augmente brutalement du 1er au 2 octobre en passant de  $13^\circ$  à  $16^\circ$  à 950 mb, avec le renversement du flux de NO au SE.

Toujours est-il, que l'arrivée de l'axe et du versant occidental de l'onde anticyclonique entraîne une brusque montée de la température qui se propage progressivement de la façade occidentale au fond du golfe de Gascogne. Bien sûr, le temps chaud s'installe dès le 30 septembre dans le Minho avec l'affaiblissement de l'air polaire maritime venu du NE. Mais le lendemain, il fait beaucoup plus chaud ; la température maximale à Porto passant de  $28^\circ 3$  à  $31^\circ 7$ . Surtout, le beau temps sec très ensoleillé s'étend à toute la Galice, tandis que le temps reste doux et clair dans les régions vascocantabriques. Il faut attendre le lendemain lorsque l'axe de l'onde anticyclonique a atteint la France et qu'il s'établit un flux de S-SE sur le fond du golfe de Gascogne pour que le thermomètre enregistre un accroissement sensible de la température (fig. 152a).

Ce type de temps chaud ne dure guère car l'évolution rapide de la perturbation de SO qui atteint l'Europe occidentale, est encore accélérée par l'accumulation d'énergie sur la Péninsule Ibérique et le golfe de Gascogne. Dès la nuit du 3, le front froid fait irruption provoquant une chute généralisée de la température et des précipitations principalement concentrées dans la Galice septentrionale.



2°) Temps chaud orageux avec anticyclone continental stable.  
2-3 octobre 1959.

Le temps chaud et ensoleillé dure plus d'une journée et s'étend simultanément à toutes les régions océaniques quand l'anticyclone centré sur l'Europe continentale ou la Mer du Nord est lié à une circulation méridienne S. L'air chaud d'origine tropicale, parfois continentalisé, envahit toute la Péninsule et le golfe de Gascogne, comme au début d'octobre 1959.

Ainsi après un faible recul vers l'E de l'onde anticyclonique, la façade atlantique de l'Europe est effleurée par une très faible perturbation de S-SE le 10 octobre. Mais le lendemain, une nouvelle advection d'air chaud renforce la bordure occidentale de l'anticyclone européen. Immédiatement, l'augmentation des températures maximales est spectaculaire dans toutes les régions ; le 2 octobre, les principales stations littorales ou sublittorales enregistrent des températures maximales dépassant de 7° à 8° celles de la veille (fig.152 b).

Cependant, au cours de la journée, le ciel devient assez nuageux. Plus particulièrement dans le Minho et la Galice, la nébulosité augmente dans l'après-midi avec l'apparition de nombreux cumulus bourgeonnants dont la présence indique une évolution vers une certaine instabilité.

De fait, à la Corogne, selon les données fournies par le radio-sondage du 2 à 12 h, la température de convection au sol, 29°, est à peine supérieure à la température maximale, car l'air dans les basses couches est encore très humide.

Mais l'action de la subsidence sur la bordure occidentale de l'ondulation anticyclonique dans la moyenne troposphère arrête l'évolution vers une situation orageuse. Aussi, le lendemain 3 octobre, les mêmes conditions synoptiques maintiennent-elles un temps chaud et nuageux sur l'ensemble des régions océaniques. C'est seulement le lendemain que le front d'une perturbation de SO pénètre, avec une advection d'air froid dans la moyenne troposphère, sur la Galice et le Minho.

REMARQUE - BROUILLARDS ET ANTICYCLONES EN AUTOMNE.

-----

Incontestablement, la formation de brouillard est liée à la stabilité atmosphérique qui accompagne les anticyclones. Or, nous savons qu'au début de l'automne (septembre, octobre) les brouillards sont aussi fréquents que pendant les mois de plein été en Galice et Minho, parfois même plus fréquents dans certaines régions littorales vascocantabriques (Santander par exemple). L'augmentation du rayonnement nocturne et l'entretien d'une forte évaporation au-dessus des eaux océaniques de surface encore tièdes, et certaines nuits plus chaudes, que l'air sus-jacent, se combinent pour entraîner la formation de brouillards matinaux.

Comme nous l'avons vu, les brouillards de rayonnement apparaissent régulièrement avec les anticyclones maritimes à alimentation froide et les anticyclones continentaux. Ainsi, sur les côtes du Minho et de la Galice, ces brouillards de rayonnement deviennent plus fréquents en octobre que les brouillards d'advection, liés à la présence de courants froids littoraux, contrairement à ce qui se passe en été.

Cependant, dans toutes les régions océaniques, <sup>les brouillards</sup> apparaissent plus particulièrement dans le cadre des hautes pressions à alimentation froide : dorsale barométrique, anticyclone maritime froid. Le refroidissement nocturne de l'air maritime caractérisé par une forte humidité relative, entraîne la condensation en masse des basses couches de l'atmosphère. En réalité, les brouillards peu épais qui en résultent s'étalent principalement dans les fonds de vallées proches du littoral, car la couche inférieure d'air froid qui s'est développée par rayonnement au contact du sol, a glissé le long des versants. C'est une mer de nuages que, des hauteurs ensoleillées, l'on



peut contempler lorsque s'installe ce type de situation synoptique. Un tel phénomène météorologique a pu être observé fréquemment au cours de l'excursion interuniversitaire d'octobre 1972. Ainsi, le 22 octobre, alors que s'installe un anticyclone maritime dynamique alimenté par l'expulsion froide d'une perturbation d'O (BOE -06h TU) des brouillards matinaux s'étendent dans les vallées des régions littorales du Guipuzcoa ; du haut du Jaizquibel les participants ont pu constater l'extension des nappes de brouillards, noyant la dépression de flysch où se succèdent les agglomérations d'Irun et de Fontarrabie.

Mais,\*, il ne semble pas que les brouillards de l'automne soient toujours des brouillards de rayonnement. L'arrivée d'un air maritime frais et stable sur le golfe de Gascogne où l'évaporation reste toujours forte, facilite l'apparition de brouillards de mélange. Un mélange d'air polaire frais et d'air local tiède et humide, peut s'établir après un type de temps chaud orageux ; un brouillard épais et durable se forme à la tombée de la nuit lorsque la baisse de température est suffisante pour que le point de condensation soit atteint dans les basses couches de l'atmosphère.

Nous avons pu observer une telle évolution du temps dans la soirée du 7 octobre 1972, dans la région de San Vicente de la Barquera, à la limite occidentale de la Province de Santander. Après le passage d'une perturbation de SO provoquant des orages sur la côte vascocantabrique, le 6 et dans la nuit du 7 octobre, l'advection d'un air maritime de retour se marque par l'installation d'un anticyclone océanique qui prolonge l'anticyclone étalé sur l'Europe Centrale (fig. 153) Au cours de la journée, le temps est nuageux (Sc) et brumeux sur toute la bordure littorale du golfe de Gascogne, puis vers 20 heures un brouillard dense s'abat brusquement dans la ría de S. Vicente et dure toute la nuit. Le lendemain matin dans cette dangereuse nappe humide, il faut rouler sur la route littorale jusqu'à Ribadessella avant de voir vers 10 heures les premiers symptômes d'éclaircissement du ciel.

CONCLUSION

ESSAI D'EXPLICATION  
DE LA DIVERSITE  
DU DOMAINE OCEANIQUE





Au terme de cette analyse détaillée, il est nécessaire de dégager quelques grandes idées générales sur les effets régionaux et saisonniers des principaux types de situations synoptiques. Par l'étude de nombreux exemples journaliers, nous nous sommes efforcé de montrer comment d'une région à l'autre du domaine océanique, évoluent parallèlement la structure d'une situation synoptique et l'ambiance atmosphérique, recomposée principalement à partir des manifestations thermiques et pluviométriques. Selon cette optique, nous avons pu montrer des liens étroits entre la variété régionale des aspects de l'atmosphère et les mécanismes résultant d'interactions complexes, entre les caractères du substratum géographique d'une part, les éléments de la circulation atmosphérique à l'échelle zonale et synoptique d'autre part.

En fait, deux préoccupations essentielles ont guidé notre analyse des mécanismes et des manifestations de l'atmosphère dans les principales unités régionales du domaine océanique de la Péninsule Ibérique. La première préoccupation a consisté à vérifier que, pour une région donnée, un même type de structure synoptique défini dans la Deuxième Partie est toujours responsable de l'apparition d'un même "état de l'atmosphère" ou de différents états dont les caractères sont assez proches pour pouvoir être ressentis de la même façon par l'homme et donc pour pouvoir être regroupés dans un même "type de temps". Toutefois, cette démarche a permis de préciser le fait que des traits du type de temps associé à une même situation synoptique peuvent se modifier au cours de l'année, en fonction des variations du bilan énergétique qui bouleversent dès lors les rapports facteurs géographiques-données de la circulation atmosphérique. La deuxième préoccupation nous a entraîné à dégager, dans le cadre de chaque situation synoptique, les aspects régionaux de l'état de l'atmosphère et à vérifier si en fait telle situation synoptique n'est

pas responsable de types de temps sensiblement différents, d'une région à l'autre et pour une saison donnée.

Il s'agit donc de spécifier ces formes d'associations régionales de types de temps dans le cadre synoptique. Cette récapitulation doit ainsi mettre en lumière les situations atmosphériques qui introduisent les plus fortes variations régionales, qui, par leurs apparitions fréquentes au cours de l'année, des saisons et des mois, sont à l'origine de la diversité des climats océaniques de la Péninsule Ibérique.

## I - ASSOCIATIONS REGIONALES DE TYPES DE TEMPS A L'ECHELLE SYNOPTIQUE

Avant de tenter une explication des différences climatiques qui séparent les provinces du domaine océanique, il est nécessaire de récapituler les données régionales du temps dans le cadre des principales situations synoptiques. Le but recherché ici est de mettre en évidence les situations synoptiques qui entraînent à l'intérieur de ce domaine océanique les types de temps les plus différents d'une région à l'autre, c'est-à-dire les situations qui ont des effets que l'on pourrait qualifier de "régionalisants". Car, si l'analyse des situations vraies, journalières, nous a montré que l'état de l'atmosphère dans l'ensemble géographique affecté par une même situation synoptique n'est jamais constant par suite des données géographiques locales, il reste cependant que cette diversité d'ambiance est tantôt négligeable, tantôt importante, selon les situations synoptiques et la période saisonnière.

### A. LES TYPES DE TEMPS HOMOGENES SUR L'ENSEMBLE DU DOMAINE OCEANIQUE

Nous regroupons dans un même ensemble les situations synoptiques qui contribuent à créer des "états de l'atmosphère" ou des enchaînements d'états qui présentent des traits essentiels équivalents dans tout le domaine océanique, du moins si l'on met à part les effets thermiques de l'altitude dans les régions les plus élevées. Les nuances régionales qu

peuvent apparaître dans le cadre de ces situations synoptiques peuvent être considérées comme secondaires et n'ayant guère de répercussions sur les rythmes climatiques annuels. En combinant le facteur pluie, (absence ou présence de la pluie), et l'ambiance thermique dominante, on peut dégager les types de temps suivants.

Les types de temps très chauds et ensoleillés anticycloniques.

L'installation de cellules chaudes à tourbillon anticyclonique sur le SO de l'Europe entretient un temps chaud et lumineux généralisé sur toutes les régions océaniques lorsque l'axe de l'anticyclone est situé à l'E du Golfe de Gascogne. Ces cellules de Hautes Pressions qui surmontent toujours la dépression thermique de la Meseta, correspondent à deux types de circulation. D'abord, lors d'une phase de circulation zonale, des cellules entraînées rapidement vers l'E créent des anticyclones centrés sur la Péninsule Ibérique ou l'Europe occidentale du type I. Alimentées par de l'air Tm et parfois Tc (ou en été par Pc ou par un mélange Pc + Me) à évolution cinématique divergente, ces cellules sont donc responsables d'un type de temps très chaud avec des vents ESE du Minho au Pays Basque. Ensuite en période de circulation méridienne, ce sont les grandes crêtes stables, axées sur la Méditerranée ou sur l'Europe, qui dirigent sur ces régions océaniques des flux à composante S alimentés par Tm et même par des "bouffées" de Tc, venues du Sahara. Ces advections de plus en plus chaudes sont la cause des fortes chaleurs qui se répandent sur tout le littoral atlantique. Toutefois, sur la côte cantabrique et principalement sur la côte basque, l'affaissement dû aux conditions topographiques accentue l'effet de la subsidence dynamique pour augmenter le dégagement de chaleur et rendre plus sensible la montée du thermomètre.

Ainsi, pendant toute l'année, les journées les plus chaudes ensoleillées sont bien liées aux mêmes types de situations anticycloniques. Toutefois, la façade septentrionale de la Galice à l'extrémité occidentale du Golfe de Gascogne, de la ría d'Eo au Cap Vares, enregistre



durant l'été des températures maximales moins élevées, par suite de l'accumulation des eaux froides océaniques, sous l'action des vents de secteurs N et S. Mais là comme ailleurs, le temps est plus ensoleillé et plus chaud que pendant les autres jours. D'autre part, en hiver, dans les vallées intérieures les plus abritées et dans les bassins isolés, le rayonnement lors des nuits claires refroidit les basses couches de l'air chaud, entraînant l'apparition d'inversion de température.

Les types de temps chauds à évolution orageuse des systèmes cycloniques stabilisés sur la façade atlantique de la Péninsule.

Principalement au printemps et en été, les dépressions correspondent à la stabilisation des colonnes froides cycloniques face au Portugal. En fonction de mécanismes complexes pas toujours faciles à saisir, elles semblent capables d'aspirer de l'air chaud humide, Tm ou M dont le refroidissement brutal fournit des systèmes nuageux d'instabilité avec phénomènes électriques. La pénétration de cet air chaud est souvent localisée ; dans le détail les effets régionaux sont fort variables, il peut sembler discutable de retenir cette situation dans la catégorie des situations aux effets homogènes. Mais les mécanismes de cette situation sont les mêmes sur les différentes régions océaniques où l'évolution orageuse, lorsqu'elle se dessine, présente les mêmes phases. Surtout, ce type contribue à isoler les régions littorales océaniques des régions intérieures de la Meseta où les effets pluviométriques de ce type de situation sont beaucoup plus importants.

Les types de temps doux nuageux anticycloniques.

Ils peuvent être considérés comme des manifestations atténuées de l'anticyclone des Açores. De fait, en circulation zonale, l'anticyclone centré sur l'Atlantique N à la latitude de la Péninsule Ibérique peut étendre son extrémité orientale jusqu'au SO de l'Europe. Il dirige dès lors sur tout le N de la Péninsule Ibérique un flux de ONO alimenté par de l'air maritime chaud, Pmw ou Tm ou les deux mélangés. Cette

advection est responsable d'une journée agréable aux températures dépassant les normales dans toutes les régions océaniques. Toutefois, cette journée se rattache rarement au type très ensoleillé et chaud. A l'extrémité de l'anticyclone océanique chaud, la subsidence dynamique est moins puissante et des nuages d'instabilité peuvent apparaître selon la nature de la masse d'air et les conditions topographiques locales. En outre, la subsidence renforce le contraste thermique entre les couches supérieures de l'air chaud, en voie d'advection et les couches inférieures refroidies, au contact du substratum thermique (continent ou eaux océaniques plus froides) ou par mélange avec l'air froid antérieur. Dès lors, l'inversion de température qui en résulte est favorable à l'apparition d'un voile uniforme de stratus, capable de donner sur les littoraux des pluies de très faible intensité de type crachin breton ou orbayu asturien.

En hiver le temps peut même devenir franchement nuageux et pluvieux, lorsqu'une évolution plus rapide de la circulation dans la moyenne troposphère entraîne l'apparition d'un courant rapide d'O au-dessus de la cellule chaude anticyclonique.

#### Les types de temps frais et pluvieux des systèmes cycloniques sur la Péninsule Ibérique.

Le mauvais temps pluvieux demeure généralement uniforme sur l'ensemble des régions océaniques lors du passage d'une dépression évoluant à proximité ou à travers la Péninsule Ibérique. C'est particulièrement le cas des dépressions d'O qui suivent des trajectoires méridionales par le Golfe de Gascogne ou la Péninsule Ibérique. Pendant toute l'évolution de ce type de dépression, les régions océaniques sont recouvertes par un système nuageux dense correspondant à la pointe du secteur chaud ou au front occlus en voie de développement, et sont envahies en permanence par des masses d'air froid. Toutefois, si la trajectoire cyclonique passe au S de la Péninsule, les régions océaniques sont placées dans le secteur N de la dépression où s'amorce un affaïssement de l'air froid favorable au dégagement du ciel et à l'installation d'un temps frais ensoleillé.

Ce type de temps frais, pluvieux, généralisé à tout le domaine océanique est également associé aux dépressions de SO dont le centre traverse en diagonale la Péninsule Ibérique. Un tel système cyclonique résulte en effet d'une cyclogénèse sur le versant oriental, d'une coulée froide méridienne issue de la Scandinavie, qui provoque une sensible chute de la température.

#### Les types de temps froids liés aux anticyclones continentaux en hiver.

En hiver, les anticyclones dynamiques installés sur l'Europe en circulation méridienne bloquée dirigent sur leur façade S et SW un flux froid d'air continental : polaire continentalisé, polaire continental, parfois arctique continental. Le froid s'étend alors à tout le SO de l'Europe et aux régions océaniques de la Péninsule. Mais, les températures minimales sont évidemment basses, d'abord dans le Pays Basque et les Asturies orientales qui reçoivent directement l'air froid continental avant qu'il n'ait eu le temps d'évoluer au contact des eaux océaniques relativement plus chaudes du Golfe de Gascogne, ensuite dans les régions intérieures où le caractère radiatif de la masse d'air continental se renforce comme sur la Meseta.

Malgré ces variations thermiques locales et régionales, l'ambiance froide domine, et ce type d'anticyclone contribue à uniformiser les conditions climatiques de l'hiver. Il n'en est pas de même des autres types d'anticyclones à alimentation froide qui accentuent les oppositions régionales, principalement durant l'été.

#### B. LES FORTES VARIATIONS REGIONALES DES TYPES DE TEMPS DANS LE CADRE SYNOPTIQUE.

Plus nombreux sont les types de situations synoptiques qui créent des états de l'atmosphère fort différents à l'intérieur du domaine océanique. Bien sûr, il existe des oppositions évidentes qui s'expliquent facilement en fonction de la direction des flux atmosphériques par



rapport aux linéaments du relief. Mais de plus, l'analyse nous révèle l'apparition de transformations sensibles de l'état de l'atmosphère dans le cadre même de situations bien définies, en fonction du champ de pression et du champ de mouvement. Or, ces transformations, résultant de mécanismes énergétiques et dynamiques complexes, peuvent très bien être à l'origine d'importantes variations climatiques.

Dans la première catégorie des variations régionales évidentes, on peut classer les effets pluviométriques contrastés des systèmes cycloniques en trajectoires méridiennes.

D'abord, la variété du type de temps cyclonique de SO de l'automne au printemps. Dans ce cadre synoptique, le temps est doux et très pluvieux sur la façade atlantique occidentale et plus particulièrement sur le Minho et les Rías Bajas. Les cyclones qui se déplacent vers le NE, soit sur l'Atlantique, soit à proximité de la Péninsule, sont nés sur le versant oriental des grandes vallées planétaires, là où se combinent l'accroissement du tourbillon en altitude et le renforcement de la structure barocline dans les basses couches. L'ondulation du front qui en résulte provoque le refroidissement d'un air chaud instable donnant naissance à un système nuageux, dense, pourvoyeur de fortes pluies.

Mais, alors que l'intensité de ces dernières augmente sensiblement sur les versants montagneux exposés au SO du Minho et de la Galice, sur la retombée N des Cantabriques, l'affaissement généralisé de l'atmosphère entraîne une dislocation du système nuageux et la diminution des pluies. Plus précisément sur la façade vascocantabrique, l'évolution du système cyclonique de SO donne lieu à une succession d'états de l'atmosphère très contrastés : un temps chaud et lourd, accompagné d'un vent étouffant à caractère de foehn (el sur, el bochorno), suivi ensuite d'un court épisode pluvieux lorsque le courant froid de SO en altitude devient puissant.

Les conditions pluviométriques du temps sont inversées avec les systèmes cycloniques de N. Dans cette situation, le déferlement de masses d'air froid instable, polaire et arctique, entretient un temps froid

très pluvieux sur le Pays Basque et les Asturies occidentales. Vers l'O, l'affaissement de l'air froid et l'effet de déflexion imposé par le relief amorce le phénomène de frontolyse qui se traduit par un temps frais peu pluvieux en Galice. Le ciel finit même par s'éclaircir dans le Minho par suite de l'accentuation des mouvements descendants à l'intérieur de l'air froid, par effet topographique.

Mais si l'on saisit fort bien les évolutions des systèmes perturbés qui abordent de front la barrière montagneuse, on conçoit plus difficilement au premier abord les transformations qui apparaissent au sein d'autres situations synoptiques, comme à l'intérieur des anticyclones à alimentation froide présentant des éléments de structure apparemment homogènes, sur l'ensemble du domaine océanique ou dans le cadre d'un système cyclonique d'Ouest évoluant parallèlement à la barrière montagneuse.

Les contrastes atmosphériques introduits par les anticyclones à alimentation froide. Ainsi, les variations régionales sont déjà sensibles lors de l'évolution des expulsions froides en circulation zonale qui, alimentant après le passage de la dépression une dorsale barométrique, finissent par renforcer l'anticyclonique océanique sur sa face orientale. Car l'affaissement de l'air froid est contrecarré dans les Cantabriques et le Pays Basque par les conditions imposées par la topographie ; soulèvement et canalisation entre les Picos de Europa et les Pyrénées. Il en résulte dans les régions vascocantabriques un temps maussade, nuageux, pluvieux qui prolonge en fait le mauvais temps pluvieux du système cyclonique d'O. En revanche, en Galice et dans le Minho, le tassement de la colonne d'air froid et la diminution de son tourbillon accentuent la subsidence anticyclonique, responsable d'un ensoleillement et d'un réchauffement progressifs vers le S.

Les oppositions régionales s'accroissent avec les anticyclones dynamiques en circulation méridienne N, particulièrement au printemps ou en été, lorsque le continent plus chaud assure des transferts de chaleur aux masses d'air d'origine froide. Dès lors, c'est un air subside et réchauffé qui aborde par le N, NE les régions méridionales de la Galice



et le Minho. Dans ces régions, règne un temps chaud et ensoleillé, tandis que, dans la Galice septentrionale, les régions vascocantabriques, les températures restent modérées sous un ciel souvent nuageux.

Toutefois, si ces anticyclones se maintiennent, les vents constants N à NE finissent par accélérer l'accumulation des eaux froides océaniques le long du littoral. Celles-ci sont alors responsables du refroidissement des basses couches de l'air d'origine polaire maritime, et par suite de la formation de nombreux brouillards littoraux au N de la Galice et du Minho, en été.

Les variations des successions d'états de l'atmosphère pendant l'évolution d'un système cyclonique d'O éloigné. Compte tenu de la direction suivie par les perturbations associées à ces systèmes cycloniques, on s'attendrait à voir sous leur action se dérouler un même enchaînement des états de l'atmosphère de la Galice au Pays Basque, avec un simple décalage compte tenu de la vitesse de propagation des éléments de la perturbation. Or, nous avons vu qu'il n'en est rien. Dans l'O, sur la Galice et le Minho, le déroulement du temps présente les phases bien connues sur toute la façade occidentale de l'Europe : temps doux et faiblement pluvieux avec le front chaud d'abord, puis temps doux très pluvieux avec l'écoulement rapide de l'air chaud maritime instable à l'avant du front froid dont l'arrivée provoque le redoublement des averses, enfin dégagement brusque du ciel par suite de l'affaissement de l'air froid postérieur, avant le retour d'un temps variable avec le système de traîne. Dans le Pays Basque, les états de l'atmosphère sont nettement plus contrastés. L'évolution du front chaud et du secteur qui s'effectue sous l'action d'un flux de SO en altitude donne lieu à un temps plus chaud et rarement pluvieux, souvent ensoleillé. Mais lorsqu'avec l'advection du versant occidental de la vallée, un flux de NO s'établit en altitude, le passage du front et l'advection de l'air froid postérieur donnent un temps frais et très pluvieux de longue durée, se prolongeant même lors de l'installation de la dorsale barométrique comme nous venons de le rappeler.



Mais il y a plus inattendu encore. L'analyse précise des effets pluviométriques nous a en effet révélé que les activités régionales des grands systèmes cycloniques présentent de véritables inversions d'une région à l'autre. Ainsi dans le Minho, pendant la saison chaude, les arrivées des fronts froids des perturbations d'O et de SO suscitent rarement des précipitations abondantes comme cela se produit durant l'hiver. En revanche, l'affaiblissement de l'activité de ces structures atmosphériques est beaucoup moins prononcé dans le Pays Basque, car l'évaporation à la surface des eaux océaniques plus chaudes du fond du Golfe de Gascogne fournit l'humidité, l'énergie nécessaires à l'entretien et à la régénération de ces perturbations atténuées. Dès lors, en été, les précipitations recueillies en 24 heures sont dans l'ensemble paradoxalement plus intenses dans le Pays Basque.

La perception globale de ces multiples effets n'est évidemment pas facile à formuler. Au terme de ce travail, elle risque d'aboutir à des propositions simplifiées, susceptibles de négliger certains mécanismes. Cependant, si l'on veut réaliser un effort de synthèse afin de mettre en évidence les principales causes de la diversité du domaine océanique, il est nécessaire d'ordonner et de classer d'une façon logique les effets des principaux systèmes cycloniques et anticycloniques. La récapitulation schématique que nous proposons (Tab. XIII) représente certainement une perte d'information ; elle rappelle néanmoins les données essentielles capables de rendre compte des diversités régionales, tout en soulignant les phénomènes de convergence.

Connaissant les grands traits atmosphériques des situations synoptiques, il est maintenant possible de dégager les principales origines des variations régionales qui ont été dégagées dans la première partie.

## II. LES AMBIANCES ATMOSPHERIQUES DES REGIONS OCEANIQUES.

On ne saurait établir pour chaque unité climatique régionale du domaine océanique la succession habituelle des états de l'atmosphère, en fonction des enchaînements des situations synoptiques. La

|   |      |                       |                     |                                              |                      |
|---|------|-----------------------|---------------------|----------------------------------------------|----------------------|
| : | :    | Type de temps :       | GALICE N :          | MINHO :                                      | PAYS BASQUE :        |
| : | n° : | Ambiance dominante :  | (La Corogne) :      | (Porto) :                                    | (S.Sebastien) :      |
| : | :    | :                     | :                   | :                                            | :                    |
| : | 1 :  | Cyclonique SO chaud : | été ds (p + i) :    | été ds (p + i) :                             | soe :                |
| : | :    | à très chaud - :      | :                   | :                                            | (effet de Foehn) :   |
| : | :    | pluie orageuse :      | :                   | :                                            | :                    |
| : | :    | faible :              | :                   | :                                            | :                    |
| : | 2 :  | Cyclonique SO doux :  | soe :               | soe :                                        | sop :                |
| : | :    | à chaud - pluies :    | :                   | (activité plus :                             | (Foehn encore :      |
| : | :    | fortes :              | :                   | faible en été) :                             | possible au début :  |
| : | 3 :  | Cyclonique SO frais : | sop :               | sop :                                        | ds :                 |
| : | :    | à doux - pluvieux. :  | ds :                | ds :                                         | :                    |
| : | :    | (orages) :            | (-p -i été) :       | (-p -i été) :                                | :                    |
| : | 4 :  | Cyclonique O doux :   | Os :                | os :                                         | os = rythme plus :   |
| : | :    | pluvieux :            | :                   | (même remarque :                             | contrasté, traîne :  |
| : | :    | :                     | :                   | qu'en 2) :                                   | couverte et plu- :   |
| : | :    | :                     | :                   | :                                            | vieuse :             |
| : | 5 :  | Cyclonique O frais :  | om :                | om :                                         | om (même remarque :  |
| : | :    | pluvieux (tempêtes :  | :                   | :                                            | qu'en 4) :           |
| : | :    | possibles) :          | :                   | :                                            | :                    |
| : | 6 :  | Cyclonique NO frais : | no :                | no :                                         | no :                 |
| : | :    | pluvieux :            | :                   | (pluies plus fai- :                          | :                    |
| : | :    | :                     | :                   | bles) :                                      | :                    |
| : | 7 :  | Cyclonique N-NE :     | n + ne + dn :       | dn :                                         | n + ne + dn :        |
| : | :    | frais à froid plu- :  | :                   | :                                            | (très pluvieux) :    |
| : | :    | vieux :               | :                   | :                                            | :                    |
| : | 8 :  | Anticyclonique :      | mAn + Co :          | :                                            | ma + mAn + Co :      |
| : | :    | frais à froid cou- :  | :                   | :                                            | (suite du mauvais :  |
| : | :    | vert souvent plu- :   | :                   | :                                            | temps de traîne) :   |
| : | :    | vieux :               | :                   | :                                            | :                    |
| : | 9 :  | Anticyclonique :      | mA :                | mA + mAn + Co :                              | :                    |
| : | :    | frais à froid enso- : | :                   | n + ne (cyclo- :                             | :                    |
| : | :    | leillé ou nuages :    | :                   | nique évolué) :                              | EN (hiver) :         |
| : | :    | d'instabilité :       | :                   | :                                            | rythme diurne :      |
| : | 10 : | anticyclonique :      | EN (hiver) :        | EN (hiver) :                                 | moins contrasté :    |
| : | :    | frais enso- :         | :                   | rythme ther- :                               | plus nuageux :       |
| : | :    | leillé - rythme :     | :                   | mique diurne :                               | :                    |
| : | :    | diurne contrasté :    | :                   | plus contrasté :                             | :                    |
| : | 11 : | Anticyclonique :      | MA + MAN :          | hiver = MA + MAN :                           | MA + MAN :           |
| : | :    | frais à doux, cou- :  | (clair été) :       | été = MA <sub>no</sub> + MAN <sub>no</sub> : | (pluie encore pos- : |
| : | :    | vert de stratus :     | :                   | (brouillard et :                             | sible en été) :      |
| : | :    | (hiver) :             | :                   | nappe de stratus) :                          | :                    |
| : | 12 : | Anticyclonique doux : | A :                 | hiver = A :                                  | A :                  |
| : | :    | nuageux :             | :                   | été = Ano :                                  | :                    |
| : | 13 : | Anticyclonique doux : | hiver = ES + I :    | hiver = ES + I :                             | hiver = E + I :      |
| : | :    | à chaud ensoleillé :  | été = EN :          | été = Ane + MAn <sub>e</sub> :               | été = EN :           |
| : | :    | :                     | (brouillard en :    | + MAn <sub>e</sub> + EN :                    | :                    |
| : | :    | :                     | fin de situation) : | brouillard en fin :                          | :                    |
| : | :    | :                     | :                   | de situation :                               | :                    |
| : | 14 : | Anticyclonique très : | ES + I :            | ES + I :                                     | ES + I :             |
| : | :    | chaud en été :        | :                   | :                                            | :                    |

Tab. ESSAI DE SYNTHESE DES EFFETS REGIONAUX DES SITUATIONS SYNOPTIQUES - Seule a été X III retenue l'ambiance dominante (effet thermique, nébulosité) lors de l'évolution de la situation synoptique. Cependant, certains traits originaux concernant la succession des états ont été soulignés. Pour les situations synoptiques cf. fig 2-36 et 2-45 ; MAno et MAn<sub>e</sub> en fonction des vents dominants de NO-NE - Hiver ici période de nuits longues octobre à mars, été - jours longs avril-septembre.



Tab. XIV - FREQUENCES DES PRINCIPALES AMBIANCES DOMINANTES. En % du nombre de jours de la période 1946-1965 - cf. Tab. XIII

PAYS BASQUE

|        | Janv. | Févr. | Mars | Avril | Mai  | Jun  | Juillet | Août | Sept. | Oct. | Nov. | Déc. |
|--------|-------|-------|------|-------|------|------|---------|------|-------|------|------|------|
| 1      | 3,5   | 3,0   | 9,0  | 5,8   | 10,3 | 7,7  | 3,6     | 7,0  | 10,2  | 5,8  | 5,0  | 1,9  |
| 2      | 5,2   | 4,2   | 5,8  | 6,0   | 8,0  | 6,3  | 4,4     | 7,5  | 6,3   | 7,4  | 5,5  | 4,0  |
| 3      | 2,5   | 6,6   | 4,8  | 5,1   | 6,2  | 5,0  | 1,8     | 3,0  | 5,3   | 7,5  | 4,0  | 2,6  |
| 4      | 19,9  | 13,1  | 12,1 | 8,8   | 7,1  | 6,7  | 8,1     | 8,5  | 8,3   | 10,8 | 15,7 | 21,2 |
| 5      | 8,7   | 8,7   | 10,5 | 4,4   | 2,7  | 5,1  | 3,9     | 4,4  | 4,0   | 4,3  | 5,5  | 7,0  |
| 6      | 2,6   | 3,2   | 4,8  | 4,7   | 3,0  | 1,1  | 1,1     | 2,0  | 2,0   | 3,0  | 6,5  | 4,5  |
| 7      | 8,8   | 12,6  | 9,2  | 15,1  | 17,8 | 8,2  | 8,2     | 4,3  | 7,1   | 8,2  | 8,9  | 9,5  |
| 8      | 14,6  | 17,4  | 11,6 | 17,2  | 15,6 | 25,4 | 26,3    | 22,9 | 18,8  | 14,5 | 15,2 | 15,2 |
| 9 - 10 | 6,1   | 9,9   | 8,2  |       |      |      |         |      |       | 9,1  | 9,5  | 6,9  |
| 11     | 9,9   | 10,1  | 9,2  | 13,2  | 10,8 | 12,8 | 12,7    | 12,0 | 13,2  | 12,0 | 11,7 | 15,8 |
| 12     | 3,7   | 2,0   | 3,4  | 4,0   | 4,4  | 5,0  | 7,2     | 7,4  | 5,1   | 4,0  | 3,3  | 3,3  |
| 13     | 11,1  | 8,6   | 11,4 | 8,0   | 5,0  | 5,5  | 6,8     | 4,7  | 5,0   | 12,5 | 9,2  | 7,4  |
| 14     |       |       |      | 7,2   | 8,5  | 11,1 | 16,2    | 15,3 | 14,1  |      |      |      |

GALICE SEPTENTRIONALE

|    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1  |      |      |      | 2,0  | 2,6  | 2,1  | 1,8  | 2,7  | 1,9  |      |      |      |
| 2  | 4,3  | 3,9  | 13,2 | 4,5  | 11,1 | 6,3  | 2,1  | 6,5  | 7,7  | 8,7  | 6,3  | 3,2  |
| 3  | 8,2  | 12,2 | 11,5 | 11,5 | 14,1 | 12,5 | 6,3  | 9,5  | 12,7 | 17,3 | 12,3 | 7,7  |
| 4  | 20,1 | 13,1 | 12,8 | 9,1  | 8,0  | 6,7  | 9,5  | 10,2 | 8,3  | 11,8 | 17,3 | 22,3 |
| 5  | 8,7  | 8,0  | 10,7 | 4,2  | 2,6  | 5,2  | 3,9  | 3,5  | 4,0  | 4,7  | 5,0  | 6,9  |
| 6  | 2,2  | 2,1  | 3,0  | 3,3  | 2,7  | 1,0  | 1,0  | 1,0  | 2,0  | 2,2  | 6,0  | 3,4  |
| 7  | 7,2  | 11,9 | 6,9  | 12,5 | 11,7 | 6,6  | 5,0  | 3,7  | 6,3  | 4,2  | 7,3  | 7,0  |
| 8  | 9,1  | 8,4  | 6,7  | 11,4 | 7,6  | 13,1 | 12,1 | 9,5  | 9,3  | 6,4  | 6,7  | 7,0  |
| 9  | 5,5  | 6,4  | 2,1  | 5,7  | 4,5  | 7,0  | 10,3 | 8,5  | 6,1  | 4,7  | 4,0  | 5,5  |
| 10 | 8,8  | 11,3 | 9,0  |      |      |      |      |      |      | 10,5 | 10,0 | 0,9  |
| 11 | 12,9 | 11,9 | 9,8  | 15,2 | 14,0 | 17,2 | 16,2 | 15,2 | 14,3 | 12,9 | 14,0 | 17,4 |
| 12 | 4,7  | 3,8  | 4,4  | 5,3  | 5,3  | 6,5  | 9,2  | 9,1  | 7,3  | 6,0  | 4,7  | 4,0  |
| 13 | 8,6  | 7,0  | 9,6  | 9,2  | 7,1  | 6,0  | 4,8  | 5,8  | 6,0  | 9,4  | 7,2  | 6,9  |
| 14 |      |      |      | 6,8  | 6,9  | 10,5 | 16,6 | 14,0 | 11,8 |      |      |      |

MINHO

|       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1     |      |      |      | 3,0  | 4,6  | 3,9  | 3,0  | 3,5  | 2,5  |      |      |      |
| 2     | 5,3  | 4,9  | 11,3 | 4,2  | 8,7  | 6,6  | 2,0  | 5,5  | 7,0  | 8,5  | 6,3  | 3,6  |
| 3     | 8,0  | 12,0 | 12,4 | 11,5 | 17,1 | 10,5 | 4,2  | 8,0  | 11,5 | 18,0 | 12,3 | 8,0  |
| 4     | 18,0 | 10,9 | 11,2 | 7,5  | 6,5  | 5,2  | 6,0  | 8,5  | 8,0  | 10,0 | 16,3 | 20,0 |
| 5     | 8,7  | 7,5  | 10,7 | 4,2  | 2,6  | 4,0  | 3,9  | 3,5  | 4,0  | 4,7  | 5,0  | 6,9  |
| 6     | 2,2  | 2,2  | 3,0  | 3,5  | 2,7  | 1,0  | 1,0  | 1,0  | 2,0  | 2,2  | 6,0  | 3,5  |
| 7 - 8 | 7,1  | 11,4 | 8,4  | 12,9 | 10,4 | 6,6  | 5,7  | 5,1  | 6,0  | 5,1  | 4,3  | 6,8  |
| 9     | 9,7  | 15,8 | 8,3  | 16,7 | 13,0 | 18,7 | 22,5 | 18,1 | 15,5 | 11,1 | 11,7 | 12,8 |
| 10    | 8,8  | 10,2 | 7,5  |      |      |      |      |      |      | 9,0  | 10,0 | 8,5  |
| 11    | 12,8 | 9,9  | 9,8  | 10,8 | 8,0  | 8,0  | 6,8  | 7,8  | 8,3  | 13,0 | 14,0 | 17,5 |
| 12    | 6,3  | 5,4  | 4,4  | 3,9  | 3,6  | 4,5  | 7,0  | 5,2  | 5,5  | 7,0  | 5,7  | 5,5  |
| 13    | 9,6  | 9,5  | 12,8 | 14,4 | 14,1 | 18,7 | 18,8 | 16,8 | 16,0 | 11,9 | 8,2  | 7,2  |
| 14    |      |      |      | 8,0  | 8,4  | 13,2 | 19,6 | 17,0 | 14,0 |      |      |      |



tâche serait insurmontable compte tenu de l'étendue de l'ensemble régional étudié, et serait-elle vraiment efficace étant donné la rareté des observations, la faible densité du réseau des stations. Nous nous limiterons ici à la connaissance des fréquences des états de l'atmosphère pour les trois principales provinces climatiques galicienne, basque et lusitanienne qui couvrent l'ensemble du domaine océanique et des climats marginaux dégradés (Tab. XIV).

#### A. L'AMBIANCE DE LA PROVINCE GALICIENNE.

Pendant la grande saison pluvieuse et tempérée d'octobre à mars, les types de temps qui prédominent largement, près de deux jours sur trois, sont liés aux évolutions des systèmes cycloniques et des dorsales barométriques qui s'enchaînent d'une façon régulière, le maximum de ces successions étant atteint durant le trimestre janvier-mars.

En revanche, les types de temps anticycloniques plus stables sont beaucoup moins fréquents. Surtout les anticyclones d'air chaud, manifestation de l'anticyclone subtropical, agissent sur l'état de l'atmosphère pendant 10 à 12 % des jours d'hiver, seulement. La douceur de l'hiver est donc due à l'environnement océanique, mais également au déferlement constant des masses d'air polaire adouci ou chaud alimentant les larges secteurs chauds des dépressions. De fait, les types de temps cycloniques doux et pluvieux entretiennent fréquemment des ciels bas chargés de nuées, dans une ambiance tempérée. En automne, octobre-novembre, les temps cycloniques très pluvieux de SO alimentent dans une large proportion les totaux pluviométriques mensuels, 46 % en octobre, 42 % en novembre, alors que leurs fréquences sont respectivement 26 et 19 % (Tab. XV). En revanche, durant l'hiver, décembre-février, le mauvais temps pluvieux de SO se déchaîne moins souvent que le mauvais temps pluvieux d'O qui est responsable d'une ambiance plus froide lorsque les dépressions se rapprochent de la Péninsule Ibérique. Nous retrouvons là le rôle fondamental de la prédominance de la circulation zonale en hiver. Toutefois, le fait sur lequel

il faut insister ici, c'est le rôle primordial des systèmes cycloniques en trajectoires septentrionales. Non seulement ils sont plus fréquents que les systèmes cycloniques en trajectoires méridionales, mais encore ils fournissent de très loin les lames d'eau les plus épaisses. De sorte que le maximum pluviométrique du trimestre novembre-janvier est surtout alimenté par les grandes dépressions éloignées de la Péninsule Ibérique. L'accroissement de la pluviosité hivernale dans les régions de la façade SO de l'Europe n'est donc pas lié essentiellement au déplacement zonal du front polaire. Certes, les dépressions d'O passant aux abords de la Péninsule sont plus nombreuses en cette période, mais les dépressions d'O évoluant à des latitudes septentrionales sont encore plus fréquentes et plus actives.

Il faut vraiment attendre le mois de mars, c'est-à-dire la fin de l'hiver, pour voir augmenter sensiblement et la fréquence et l'activité des dépressions proches de la Péninsule. Mais, la brusque diminution de la circulation zonale se traduit par le retour de l'activité des dépressions de SO et une fréquence un peu plus élevée des types de temps chauds anticycloniques, amorçant la venue du printemps.

L'effondrement de la pluviosité au mois d'avril dans les régions de la façade occidentale atlantique est dû, à la fois, à la brusque diminution de la fréquence des systèmes cycloniques d'O et à l'affaiblissement sensible de l'activité des perturbations qu'ils dirigent. Cette évolution caractérise principalement les systèmes cycloniques en trajectoires septentrionales, ce qui tendrait à conclure à un retrait soudain du front polaire. En fait, cette évolution est le résultat de la dégénérescence prolongée de la circulation zonale. Mais, en avril et en mai, la fréquence relativement plus élevée des formes de circulation méridienne N explique l'accroissement des systèmes cycloniques en trajectoires méridiennes à composante NS. Elle facilite également l'évolution des anticyclones à alimentation froide ; le réchauffement de l'air à caractère continental (Pc et surtout polaire continentalisé) permet une augmentation des belles journées anticycloniques. Car, contrairement au schéma simplifié du balancement saisonnier du front polaire, le printemps n'est pas carac-



Tab. xv - LES APPORTS PLUVIOMETRIQUES EN FONCTION DES PRINCIPAUX ENSEMBLES SYNOPTIQUES. En % des précipitations mensuelles recueillies durant la période 1946-1965 - Les numéros de classification correspondent à ceux du Tab. précédent - 8 n pluies en situations anticycloniques de circulation méridienne N - 8 o pluies prolongeant celles des traînes de dépressions d'O.

St SEBASTIEN-IGUELDO

|    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 1  | 1  | 2  | 8  | 8  | 9  | 11 | 7  | 8  | 8  | 4  | 3  | 2  |
| 2  | 1  | 4  | 10 | 8  | 10 | 15 | 13 | 14 | 7  | 6  | 5  | 3  |
| 3  | 12 | 5  | 6  | 17 | 13 | 7  | 14 | 7  | 24 | 17 | 3  | 1  |
| 4  | 25 | 16 | 12 | 9  | 9  | 5  | 9  | 9  | 7  | 16 | 19 | 34 |
| 5  | 15 | 21 | 23 | 6  | 3  | 6  | 7  | 5  | 4  | 7  | 8  | 9  |
| 6  | 11 | 9  | 18 | 9  | 5  | 5  | 8  | 8  | 7  | 19 | 16 | 8  |
| 7  | 22 | 28 | 14 | 33 | 37 | 27 | 11 | 19 | 24 | 14 | 25 | 24 |
| 8n | 11 | 11 | 8  | 7  | 10 | 14 | 12 | 18 | 11 | 12 | 11 | 11 |
| 8o | 1  | 4  | 1  | 3  | 4  | 10 | 18 | 12 | 8  | 5  | 10 | 7  |

LA COROGNE

|    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 1  |    |    |    | 4  | 5  | 14 | 8  | 4  | 6  |    |    |    |
| 2  | 7  | 14 | 20 | 18 | 21 | 19 | 6  | 12 | 25 | 24 | 18 | 11 |
| 3  | 17 | 20 | 16 | 24 | 25 | 30 | 20 | 31 | 31 | 25 | 24 | 11 |
| 4  | 35 | 28 | 20 | 10 | 10 | 6  | 18 | 25 | 16 | 26 | 25 | 43 |
| 5  | 19 | 20 | 19 | 7  | 4  | 10 | 6  | 7  | 4  | 7  | 8  | 14 |
| 6  | 4  | 1  | 6  | 5  | 6  | 5  | 3  | 6  | 2  | 5  | 12 | 7  |
| 7  | 12 | 12 | 13 | 23 | 23 | 13 | 28 | 9  | 12 | 8  | 7  | 7  |
| 8n | 3  | 1  | 3  | 3  | 3  | 1  | 7  | 4  | 2  | 2  | 3  | 2  |
| 8o | 3  | 4  | 3  | 4  | 3  | 2  | 4  | 2  | 2  | 3  | 3  | 5  |

PORTO SERRA DO PILAR

|   | Janv. | Févr. | Mars | Avril | Mai | Juin | Juillet | Août | Sept. | Oct. | Nov. | Déc. |
|---|-------|-------|------|-------|-----|------|---------|------|-------|------|------|------|
| 1 |       |       |      | 5     | 3   | 15   | 9       | 13   | 5     |      |      |      |
| 2 | 10    | 21    | 28   | 25    | 16  | 15   | 19      | 25   | 32    | 23   | 23   | 13   |
| 3 | 16    | 9     | 27   | 17    | 37  | 28   | 10      | 17   | 35    | 35   | 29   | 13   |
| 4 | 37    | 24    | 12   | 15    | 9   | 13   | 30      | 24   | 11    | 16   | 32   | 40   |
| 5 | 22    | 20    | 24   | 14    | 6   | 18   | 14      | 11   | 7     | 8    | 10   | 23   |
| 6 | 4     | 3     | 4    | 2     | 10  | 3    | 3       | 2    | 3     | 7    | 4    | 3    |
| 7 | 11    | 23    | 5    | 22    | 18  | 8    | 11      | 7    | 7     | 11   | 2    | 8    |
| 8 | -     | -     | -    | -     | -   | -    | 4       | 1    | -     | -    | -    | -    |





térisé dans ces régions océaniques par un accroissement du nombre des formes d'extension de l'anticyclone subtropical. Bien plus, les anticyclones dynamiques alimentés par des masses d'air chaud d'origine méridionale ont tendance à se renouveler moins souvent en avril et mai que pendant le mois de mars ! Autrement dit, le développement ralenti du printemps que l'on a souvent souligné à propos des régions océaniques de l'Europe Occidentale et que l'on retrouve en Galice, est autant dû à la succession habituelle des types de temps qu'à l'inertie thermique de l'Océan.

Le creux pluviométrique estival s'explique essentiellement par une diminution sensible de l'activité cyclonique. Il est certain que la contribution relative des systèmes cycloniques d'O et de SO à l'origine des pluies mensuelles est à nouveau importante ; mais il ne faut pas oublier que ces pluies mensuelles sont très faibles. En réalité, lors de l'évolution de ces situations dépressiornaires, le ciel reste couvert, mais l'intensité des précipitations journalières faiblit sensiblement. Surtout, il est indiscutable que la fréquente succession des types de temps anticycloniques est à l'origine de l'installation des conditions de la sécheresse et de la subsécheresse en été. A La Corogne, au moins sept jours sur dix sont caractérisés par l'installation de Hautes Pressions peu favorables au déclenchement des précipitations en juillet. Toutefois, les statistiques confirment le point de vue qui veut que les caractères de l'été en Europe Occidentale ne soient pas liés directement au déplacement vers le N de l'anticyclone subtropical des Açores. Certes, on constate une nette augmentation de la fréquence de l'advection des masses d'air chaudes d'origine tropicale, provoquée par les situations anticycloniques ; les cas d'extension des hautes pressions subtropicales doublent de janvier à juillet 13 à 26 %. Mais d'une part, les types de temps anticycloniques chauds sont dus également, bien que dans une moindre proportion (5 à 6 %), à la continentalisation de l'air polaire, et d'autre part, les types de temps anticycloniques nuageux, parfois maussades, associés à des cellules de hautes pressions d'air froid, sont de loin les plus fréquents.

C'est d'ailleurs à ce niveau synoptique que se situe l'origine des différences climatiques les plus importantes avec les deux autres provinces climatiques.

#### B. L'AMBIANCE DE LA PROVINCE BASQUE.

Nous savons déjà que la hiérarchie des fréquences des situations synoptiques ne rend pas compte des différences fondamentales entre le climat de la Galice et celui du Pays Basque. Il existe bien quelques écarts statistiques concernant les systèmes cycloniques en trajectoires méridiennes ; les dépressions de SO affectent moins souvent le fond du Golfe de Gascogne qui, en revanche, reçoit plus fréquemment les perturbations dirigées par les dépressions se déplaçant selon des trajectoires à composante N. Mais en réalité, c'est la répétition des variations d'ambiance d'une région à l'autre, créée par chaque type synoptique qui contribue à façonner l'originalité du climat du Pays Basque.

Ainsi, durant l'hiver, l'activité des dépressions d'O ne semble guère différer fondamentalement de la Galice au Pays Basque. Les rapports d'influence entre les dépressions en trajectoires septentrionales et ceux des dépressions affectant plus directement la Péninsule Ibérique sont du même ordre de grandeur. En fait, cette identité est plus apparente que réelle, puisque nous avons montré que les états de l'atmosphère correspondant aux différents stades de l'évolution cyclonique d'O sont beaucoup plus contrastés : temps chaud rarement pluvieux lors du passage du front chaud et du secteur chaud, temps pluvieux, frais, accompagnant le front froid et se prolongeant sans solution de continuité lors de l'expulsion froide (traîne). En revanche, les types de temps très chauds se succèdent plus fréquemment : anticyclones chauds, temps étouffant (foehn) de systèmes cycloniques de SO. C'est dire que la variabilité du temps d'un jour sur l'autre est grande sur les régions littorales du Pays Basque et des Asturies Orientales. Et ceci, d'autant plus que le mauvais temps cyclonique à composante N est responsable des bourrasques les plus intenses, fournissant



même, malgré une fréquence moins élevée, des totaux pluviométriques supérieurs à ceux des dépressions d'O. Cette place primordiale des perturbations froides dans la pluviosité de ces régions se retrouve d'ailleurs pendant les autres saisons.

Le maximum pluviométrique secondaire de printemps est même lié essentiellement à l'accroissement d'activité de ces systèmes cycloniques qui favorisent les advections d'air froid sur la Péninsule Ibérique. Ce n'est pas tant une augmentation de la fréquence de ces systèmes que le renforcement sensible de leurs effets pluviométriques qui explique cette originalité la plus apparente du climat basque. L'aspiration, par les colonnes tourbillonnaires d'air froid, de masses d'air chaud de plus en plus alimentées en vapeur d'eau ( $T_m$  et  $M_e$ ) est surtout responsable de violents épisodes pluvieux. Ce même mécanisme d'affrontement est aussi à l'origine d'une activité plus grande des systèmes perturbés de SO, traversant la Péninsule et des dépressions isolées qui résultent de l'évolution de la circulation méridienne S.

Cette dernière tendance s'affirme en été. Paradoxalement, le littoral basque ne se trouve plus dans une situation d'abri par rapport aux dépressions de SO. L'air froid de retour qui débouche sur la retombée septentrionale vasco-cantabrique devient de plus en plus instable, au-dessus des eaux plus chaudes du Golfe de Gascogne. Il est incontestable que la vapeur d'eau et l'énergie fournies par ces dernières favorisent une puissante cyclogénèse locale qui n'apparaît guère sur les cartes synoptiques, mais qui se traduit certainement par la régénération des systèmes cycloniques d'O en voie de comblement. La forte pluviosité relative de l'été est en outre renforcée par le mauvais temps couvert et pluvieux qui se maintient lors de l'évolution anticyclonique des expulsions polaires après passages des systèmes cycloniques. La canalisation vers l'intérieur d'un air froid, moins épais qu'en hiver et plus instable, est responsable de cette proportion élevée (cf. juillet et août Tab. XIV) de précipitations recueillies dans le cadre de situations que l'on qualifie d'anticycloniques dans la typologie synoptique. C'est certainement dans ces conditions que

l'on peut parler de précipitations orographiques, encore que le soulèvement vertical de l'air dû à la topographie ne soit pas le seul mécanisme responsable de ces pluies.

Cependant, en été, ce temps maussade est interrompu par de brusques coups de chaleur liés à des anticyclones chauds, mais aussi aux premières phases de l'évolution des dépressions de SO. Ainsi les temps très chauds sont-ils plus fréquents à St Sébastien qu'à La Corogne.

Le retour spectaculaire de la grande saison des pluies dès le début de l'automne n'est en fait que le renforcement de certaines tendances constatées en été. De fait, l'accumulation d'énormes quantités de vapeur d'eau non seulement au-dessus de la Méditerranée, mais également au-dessus des eaux chaudes du fond du Golfe de Gascogne, rendent très actives les colonnes détachées ou gouttes froides, liées à des évolutions de circulation méridienne. Par les précipitations diluviennes qu'elles provoquent, elles tiennent une place importante dans les apports pluviométriques mensuels malgré des fréquences d'apparition relativement modestes.

A l'opposé, ces situations synoptiques ont une influence secondaire sur les conditions climatiques de la Province lusitanienne.

#### C. L'AMBIANCE DE LA PROVINCE LUSITANIENNE.

Cette fois encore, si l'on s'en tient à la hiérarchie des fréquences des situations atmosphériques définies à l'échelle synoptique, l'on ne comprend guère les différences climatiques qui séparent le Minho de la Galice septentrionale. A peine si la différence de latitude se traduit en circulation zonale par une augmentation de la fréquence de l'installation de l'anticyclone océanique chaud, de l'extension de la cellule de Hautes Pressions subtropicales, aux dépens des fréquences des systèmes cycloniques d'O en trajectoires septentrionales. Par rapport à la Galice, le développement de la sécheresse n'est pas associé directement à un simple déplacement zonal de l'anticyclone des Açores. Le fait le plus frappant réside dans le poids primordial des systèmes cycloniques associés à des



formes de circulation méridienne S sur la génèse des précipitations. Alors que la fréquence mensuelle de ces systèmes atteint exceptionnellement 25 % des jours de la période étudiée, leurs apports pluviométriques dépassent souvent 50 % du total du mois : mars, mai et juin, puis d'août à novembre.

C'est pendant le trimestre froid, décembre-février, que ces situations cycloniques sont les moins fréquentes et les moins actives. En effet, dans le Minho, la succession habituelle des  tats de l'atmosphère est quasiment identique à celle de la Galice. La prédominance des dépressions d'O actives uniformise l'ambiance atmosphérique dans les régions du NO de la Péninsule Ibérique où règne fréquemment un temps doux, très nuageux et pluvieux, lié à l'instabilité de l'air maritime des secteurs chauds. Des variantes existent cependant, à l'échelle du rythme diurne ; elles sont surtout introduites par les types de temps anticycloniques clairs durant lesquels l'effet de latitude intervient pour augmenter la radiation solaire et par suite la température maximale, mais pendant lesquels également le rayonnement nocturne plus actif provoque une diminution sensible de la température minimale.

Les différences fondamentales apparaissent vraiment pendant le mois de mars lorsque la circulation zonale s'affaiblit brusquement. L'augmentation soudaine de la fréquence des perturbations de SO de 16 à 23 % se traduit justement par une très forte participation de ces situations synoptiques au déclenchement des précipitations en fin de saison hivernale. Dès lors, sauf en avril durant lequel les structures pluviométriques à La Corogne et à Porto sont fort proches, les pluies d'ambiances douces et chaudes vont prédominer, contrairement à ce qui se passe dans le Pays Basque. Mais, l'originalité du Minho réside surtout dans les caractères thermiques du printemps. C'est en effet à partir du mois d'avril que le Minho devient beaucoup plus chaud que les régions océaniques galiciennes et vascocantabriques. Or, cette donnée fondamentale n'est pas associée à une brusque augmentation de la fréquence des cellules anticycloniques entièrement alimentées par de l'air chaud d'origine tropicale. Cette différence géographique fondamentale est essentiellement le résultat de l'évolution de l'air d'origine froide dans le cadre des anticyclones océaniques



ou continentaux dirigeant un flux de N à NE. Les mécanismes favorisant l'échauffement de l'air s'accumulent désormais et augmentent ainsi la fréquence des types de temps anticycloniques chauds.

Pendant l'été, cette évolution dans le cadre des anticyclones dynamiques à alimentation froide, dirigeant des vents de NE, accentue le réchauffement et les caractères de la sécheresse dans les régions basses du Minho. L'augmentation de la fréquence (2 à 3 % seulement) des anticyclones subtropicaux chauds est nettement insuffisante pour expliquer l'emprise de l'influence méditerranéenne dans cette région pendant la saison estivale. Toutefois, toutes les journées anticycloniques sont loin d'être de belles journées ensoleillées sur les régions littorales. Nous avons vu, comment la permanence des vents à composante N entretient un courant froid littoral qui prend naissance dès les caps les plus septentrionaux de la Galice. La présence des eaux froides facilite alors la condensation des basses couches des masses d'air froid nouvellement expulsées, créant sans cesse des anticyclones océaniques peu épais, responsables dès lors de temps brumeux et frais. Les brouillards et les ciels gris se produisent également à la fin de périodes anticycloniques, à l'approche des fronts froids de systèmes cycloniques éloignés. En outre, la faible pluviosité estivale s'explique par l'affaiblissement sensible de l'activité des perturbations de SO et d'O qui fournissent paradoxalement des précipitations moins intenses sur la façade du Minho que sur la bordure littorale du Pays Basque.

Enfin, durant l'automne, le Minho se détache nettement des autres régions océaniques, malgré un rapprochement des conditions climatiques moyennes. L'importance de la circulation méridienne S semble avoir ici des conséquences plus importantes encore : fréquences un peu plus élevées des types de temps chauds anticycloniques, mais surtout précipitations abondantes, alimentées essentiellement par les systèmes cycloniques de SO.

De la même façon, il aurait fallu établir pour les autres unités régionales, définies dans la première partie, les rôles fondamentaux des différentes situations synoptiques et surtout préciser les structures pluviométriques. Cependant, les analyses des effets régionaux des situations synoptiques sont suffisamment détaillées pour pouvoir proposer quelques explications essentielles.

D'abord, la faiblesse relative de la pluviosité des Asturies Occidentales est principalement liée aux conditions de la circulation atmosphérique. A part quelques cas peu fréquents de passages directs de systèmes cycloniques d'O ou de NO sur cette région, celle-ci subit généralement les effets atténués des principaux types de perturbations en trajectoires méridiennes qui alimentent abondamment les autres régions océaniques, de N pour le Pays Basque, de SO pour la Galice et le Minho.

Ailleurs, les caractères des dégradations océaniques sont surtout imposés par les conditions géographiques. Dans le SE de la Galice et dans le Tras os Montes, la barrière montagneuse est toujours responsable de l'affaiblissement de l'activité des fronts. Toutefois, cette frontolyse orographique entraîne de fortes variations des bilans radiatifs qui modifient profondément les caractères thermiques en temps clair : nuits froides en hiver, journées très chaudes en été, selon des successions habituelles qui annoncent déjà la Castille. Les mêmes facteurs interviennent dans les bassins intérieurs (Riaño) et sur la retombée méridionale des Cantabriques. Mais ici, ce sont surtout les perturbations en trajectoires à composante méridienne NS qui subissent le plus les effets inhibiteurs du relief, de sorte que brusquement le maximum pluviométrique secondaire disparaît au printemps. En revanche, plus à l'E, lorsque la barrière montagneuse s'abaisse au S du Pays Basque, la pénétration facilitée de l'air froid permet l'extension des ciels gris sur l'Alava, expliquant la fraîcheur et le faible ensoleillement relatifs de cette région, en été.

Finalement, le lecteur pourra s'interroger sur l'utilité d'une étude exhaustive des effets des situations atmosphériques, dans le cadre d'un domaine climatique et par conséquent sur la place de cette thèse dans le devenir de la recherche climatologique. Une telle appréciation dépendra de la réponse que l'on apportera à la question essentielle de savoir où se situe la CLIMATOLOGIE. Pour nous, celle-ci représente l'étude et l'explication des variations dans l'espace et dans le temps des manifestations du milieu atmosphérique, agissant directement ou indirectement sur la répartition de la vie et l'activité des hommes. Par suite, il est incontestable que la CLIMATOLOGIE constitue un des éléments fondamentaux de la connaissance géographique. Dès lors, il s'agit de dégager, par des études fréquentielles, les principales variations régionales non seulement de paramètres séparés, mais également de paramètres dérivés, issus de démarches plus synthétiques. Ainsi, nous avons particulièrement insisté sur l'intérêt que représente la connaissance de la déficience de l'évaporation qui permet de saisir les aspects et les fluctuations interannuelles de la sécheresse estivale. Dans ce domaine, nous pensons avoir montré comment on peut utiliser une analyse fréquentielle de ce phénomène climatique, à partir des calculs de bilans hydriques annuels, pour préciser et les formes de passage du climat océanique au climat méditerranéen et les aspects régionaux du climat océanique en Europe Occidentale.

Les fluctuations de l'humidité et de l'aridité dans cette région du globe sont étroitement liées aux variations saisonnières, annuelles, voire cycliques, des successions des situations atmosphériques dont les structures thermiques et dynamiques s'opposent à l'apparition des épisodes pluvieux. Il est donc nécessaire de connaître les fréquences de



ces structures anticycloniques et de leurs contraires, les systèmes cycloniques. Mais, il est tout aussi utile de montrer les effets de ces situations, d'une région à l'autre, en fonction des caractères du substratum géographique. Nous avons vu, en effet, que des structures constantes à l'échelle synoptique sont susceptibles à la fois de renforcer la sécheresse, la chaleur dans certaines régions et de créer des états de l'atmosphère plus frais et plus humides dans d'autres. Bien sûr, le problème méthodologique essentiel est de déterminer les démarches qui permettent de définir et d'étudier en termes de fréquences ces structures, autrement que par "l'intuition" (1). Or, nous ne pensons pas avoir suivi une voie purement intuitive en classant les cartes quotidiennes du temps, selon des critères précis d'identification. Certes, nous nous sommes limité à une "reconnaissance des formes" et il aurait été préférable de déboucher sur une classification automatique. Mais, quels paramètres traités à l'échelle régionale : les flux à partir des vents mesurés, les gradients thermiques, hygrométriques, horizontaux et verticaux, alors que les données d'observations en altitude sont extrêmement rares, sinon complètement absentes ? Il reste donc à traiter les données d'observations au niveau du sol si l'on se limite à une climatologie descriptive, nécessaire, mais insuffisante et, pour atteindre l'explication, à analyser les documents synoptiques : cartes et photos de satellites.

C'est en fait, de l'emploi scientifique de ce dernier document que vont dépendre les progrès sérieux de la climatologie zonale et régionale, de nos connaissances sur la circulation atmosphérique. Demain, l'interprétation courante des photos en IR permettra d'établir précisément des cartes de bilans radiatifs, de températures et même de pluviosité, elle facilitera la connaissance des différents déplacements de l'air froid et de l'air chaud. Dès lors, il sera possible de déterminer, en un lieu donné, les diverses combinaisons des phénomènes advectifs et des phénomènes radiatifs régionaux, des combinaisons complexes participant à la formation et à l'évolution des structures synoptiques dont le but final est d'assurer les

(1) P. PAGNEY et CH.P. PEGUY (498b) p. 136.

échanges et les transferts d'énergie nécessaires à l'équilibre énergétique de la planète. A cet égard, c'est peut-être dans les latitudes moyennes, particulièrement sur les façades des continents, que l'on pourra suivre ces formes d'échange et, par suite comprendre mieux les mécanismes de la circulation atmosphérique. Le "chercheur qualifié" en climatologie devra donc être surtout un chercheur initié, dans le cadre d'une formation intégrée, aux techniques d'interprétation de l'imagerie satellitaire et aux traitements des données que cette dernière commence à fournir abondamment.

- BIBLIOGRAPHIE -

I. SOURCES ET DOCUMENTS

Archives et documents inédits ou publiés ; les périodes d'utilisation sont précisées.

A. LES DONNEES D'OBSERVATIONS

1°) Quotidiennes :

a) Espagne

- "Tarjeta postal" de précipitations. Model. 415/16 - document essentiel non publié, établi par toutes les stations pluviométriques - 1946 - 1970
- Resumen mensual. Model 480/63 - document inédit - Stations complètes du SMN - Données journalières des principaux éléments climatiques. Archives consultables dans les capitales des Provinces météorologiques : la Corogne - Oviedo - Santander - Burgos - Saragosse, etc. et à Madrid - 1946 - 1970.
- Resumen Anual de las observaciones meteorológicas - Données quotidiennes pour les stations complètes - Edité par la Section Climatologie de l'Office Central à Madrid (Ciudad Universitaria) - 1961 et 1962.
- Resumen quincenal de lluvias diarias sobre España - Publié avec Boletín diario - 1950 - 1970
- Archives météorologiques non publiées - de Electra Viesgo SA. Santander 1946 - 1970.
- Archives météorologiques non publiées - de Empresa Auxiliar de Industria SE, Hidráulicos PONFERRADA.



b) Portugal

- Mapa de apuramento - Documents inédits des Stations du SMN portugais - Données des principaux éléments climatiques. Consultables à Lisbonne - 1946 à 1969.
- Archives non publiées de Direcção-Geral dos Serviços Hidráulicos - Lisbonne - 1946 -1965.
- Boletim Anual do Instituto de Geofísico de PORTO - SERRA. DO. PILAR - 1946 - 1969.

2°) Mensuelles.

Outre les documents précédents, il faut ajouter les publications suivantes par les Services nationaux responsables.

a) Espagne

- Resumen de las observaciones meteorológicas - Tomo anual 1944 - 1950
- Boletín mensual climatológico - 1951 - 1970
- Calendario Meteorofenológico - 1946 - 1970
- Las Series mas largas de observaciones pluviométricas en la Peninsula Ibérica. Pub. Série D n°1 1943.

b) Portugal

- Anais do observatorio central Meteorologico do Infante D. LUIZ II parte - Observações das Estações meteorologicas. Lisbonne - 1945 et 1946
- Anuário climatologico de Portugal. Parte I - Continente e Ilhas do atlantico-norte - de 1947 à 1969.
- Anuário dos Serviços Hidráulicos - Lisbonne 1946 à 1965.

B. DONNEES TRAITÉES - NORMALES CLIMATIQUES

1°) World weather Records - Smithsonian Miscellaneous. Washington.

Monthly climatic data for the world - US weather Bureau.

2°) Espagne

Medias Climatológicas - 1931-1960 - Insolation températures maximales, minimales, précipitations ... des principales stations - Tableaux ronéotypés.

3°) Portugal - Séries de publications intitulées "O Clima de Portugal". Travaux élaborés sous la direction du Pr. Amorim FERREIRA, directeur général du Service. 1942 - 1943 - 1970

- Valores medios dos elementos climaticos no territorio nacional - em 1921-1950 - Lisbonne Fas. IX 1956.
- Normais climatológicas do continente Açores e Madeira correspondentes a 1931-1960 - Lisbonne Fas. XIII 1970 2<sup>ed</sup>.
- Região demarcado do Douro - Lisbonne Fas. XV 1965
- Condições meteorológicas na costa de Portugal continental. Mem. n° 31. RT. 138, 1954, 17p.

C. DOCUMENTS D'ANALYSES SYNOPTIQUES

1°) Cartes météorologiques quotidiennes

- B.Q.E. Bulletin Quotidien d'Etude - Paris dépouillement de 1946 à 1965.
- Boletin diario - Madrid - consulté - 1952-1970
- Boletim Meteorológico - Lisbonne. consulté 1955-1965.

Ont été consultés moins régulièrement Täglicher Wetterbericht (Deutscher Wetterdienst) et "Daily aerological record" (British Meteorological Office)

2°) Radiosondages

a) Espagne

Radiosondages de Madrid, La Corogne... publiés dans le Boletim mensual jusqu'en 1966, après uniquement dans le Boletim diario - 1967-1970.

b) Portugal

Anuário climatológico de Portugal III parte - observações de altitudes - radiosondages de Lisbonne - Lajes (Açores) 1954-1965.

c) France

- Bulletins d'observations - Paris 1951-1960 radiosondages Brest. Bordeaux. Point K -
- Coupes méridiennes quotidiennes - CNRS 1965 Météorologie. Année géophysique internationale de Participation Française. Juillet 1957 décembre 1958.

D. DOCUMENTS CARTOGRAPHIQUES

1°) Cartes

- Europe du SO - 1/1.000.000 - Projection conique Lambert sécante -36° et 52°48N - IGN Paris
- Peninsula Ibérica - 1/1.000.000. Projection conique conforme de Lambert - Parallèles 36° -40' - 39°-20 Instituto geográfico y cadastral - Madrid 1966.
- Cartes des stations du Servicio Meteorológico Nacional - Madrid - 1/750.000 - Modèle CH 10 feuille n°1 NO et O de la Péninsule.
- Cartes topographiques au 1/200.000. Instituto Geográfico y cadastral. Madrid - Provincia de la Coruña. Pontevedra - Orense - Lugo - Oviedo - Santander - Viscaya - Guipuzcoa.
- Carta Hipsometrica de Portugal. 1/600.000 - Instituto Geográfico e cadastral - Lisbonne 1955.
- Carta dos Solos de Portugal 1/1.000.000 - Representação Preliminar. Ministerio da Economia - Lisbonne 1949.

2°) Situacion geografica e indicativos de las estaciones pluviometricas españolas. S.M.N. Madrid 1968.

3°) Atlas

a) Des états

- Atlas nacional de España. Instituto geografico y cadastral - Madrid 1965 - Surtout feuilles au 1/500.000 n°1 - 2 - 3 et 5.
- Mapa forestal de España 1/400.000 - Ministerio de Agricultura Madrid 1966 - 20 feuilles commentaire 50p.
- Atlas Portugal.

b) Océanographiques

- Marine climatic Atlas for the world - USA Navy Washington 1955 - Vol. I - North Atlantic Ocean.
- Climatological and oceanographic atlas for mariners. Vol. I. North Atlantic Ocean - US Weather Bureau - US Navy Hydrographic Office Washington 1959.
- Atlas of the Hydrography of the Northern North Atlantic Ocean. Charlottenlund - SLOT Danemark 1969.

c) Climatiques

- Klima diagramm. Weltatlas par H. WALTER et H. LIETH - G. Verlag Jena 1960.
- Atlas climatique de l'Europe. OMM UNESCO - 1970 imprimé en Hongrie - Dr. technique Pr. F. Steinhäuser.



## II. ABREVIATIONS

|                               |                                                                   |
|-------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| agro. Lusit.                  | Agronomia Lusitana - Portugal.                                    |
| n. As. Amer. Geog.            | Annales of Association American Geographers.                      |
| n. de géo.                    | Annales de géographie.                                            |
| n. géop.                      | Annales géophysiques.                                             |
| n. Hydro. Mar. Meteo.         | Annalen der Hydrographic und Maritimen Meteorologie - Berlin.     |
| rch. Met. Geophys. Bioklimat. | Archiv für Meteorologie, Geophysike und Bioklimatologie - Vienne. |
| . A. G. F.                    | Bulletin de l'Association des Géographes Français.                |
| er. Dtsch. Wetterd.           | Berichte deutsche Wetterdienstes.                                 |
| ol. Cent. Est. geo.           | Boletim do Centro de Estudos geográficos - Coimbra.               |
| ol. mens. clim.               | Boletín mensual climatológico - Madrid.                           |
| ul. Amer. Met. Soc.           | The bulletin of the American Meteorological Society.              |
| ul. Ecol.                     | Bulletin Ecologie.                                                |
| ul. de l'O.M.M.               | Bulletin de l'Organisation Météorologique Mondiale.               |
| ah. de géo. de Québec.        | Cahier de géographie de Québec.                                   |
| al. Meteo. Fenol.             | Calendario Meteo Fenológico - Madrid - SMN.                       |
| . D. U.                       | Centre de Documentation Universitaire - Paris.                    |
| . R. des Sc.                  | Compte rendu de l'Académie des Sciences - Paris.                  |
| omp. of Met.                  | Compendium of Meteorology - Boston. 1951.                         |
| rdk.                          | Erdkunde.                                                         |
| st. Geogr.                    | Estudios Geograficos - Madrid.                                    |
| eogr. An.                     | Geografiska Annaler. Stockholm.                                   |
| eof.                          | Geoforum.                                                         |
| eo. Publik.                   | Geofysiske Publikasjoner. Oslo.                                   |
| eo. Rev.                      | Geographical Review - New York.                                   |
| eo. Rund.                     | Geographie Rundschau.                                             |
| nf. Géo.                      | Information Géographique.                                         |

|                          |                                                                    |
|--------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| I. S. G.                 | Izvestica Serio Geof. Akademia Nautika. SSSR                       |
| Jap. progres. in climat. | Japanese progress in climatology.                                  |
| J. Ap. Met.              | Journal of applied Meteorology.                                    |
| J. of At. Sc.            | Journal of atmospheric science.                                    |
| J. of Met.               | Journal of Meteorology.                                            |
| La Met.                  | La Météorologie. Paris. Institut Météorologie.                     |
| Met. Abh.                | Meteorologie Abhandlungen. Berlin.                                 |
| Met. An.                 | Meteorologische Annaler. Oslo.                                     |
| Met. Mag.                | Meteorological Magazine. Londres.                                  |
| Met. Mar.                | Météorologie Marine.                                               |
| Met. Rund.               | Meteorologie Rundschau. Berlin. Göttingen.                         |
| Met. Zeit.               | Meteorologie Zeitung.                                              |
| Mont. Weat. Rev.         | Monthly Weather Review.                                            |
| Nat.                     | Nature. Londres.                                                   |
| Nor.                     | Norois. Revue géographique des universités de l'O<br>de la France. |
| Oecl. Plant.             | Oecologia Plantarum. Paris.                                        |
| Pet. Mit.                | Petermanns Geographische Mitteilungen. Gotha.                      |
| Q. J. R. M. Soc.         | Quarterly Journal of Royal Meteorological Society.<br>Londres.     |
| Rev. de Geof.            | Revista de Geofísica. Madrid.                                      |
| Rev. de Meteo. Mar.      | Revista de Meteorología Maritima. Madrid.                          |
| R. G. A.                 | Revue de géographie Alpine. Grenoble.                              |
| R. G. L.                 | Revue de géographie de Lyon.                                       |
| R. G. P. S. O.           | Revue de géographie des Pyrénées du Sud-Ouest.<br>Toulouse.        |
| Riv. geo. Ital.          | Rivista geografica Italiana. Florence.                             |
| Tel.                     | Tellus. Stockholm.                                                 |
| Weat.                    | Weather. Londres.                                                  |
| Wet. u. Leb.             | Wetter und Leben.                                                  |
| W. M. O.                 | World Meteorological Organisation.                                 |
| Z. Ar.                   | Zone Aride. UNESCO.                                                |
| Zbor. Meteo. Hidro. Rad. | Zbornik Meteoroloskih i Hidroloskih Radiova.<br>Belgrade.          |

III. OUVRAGES ET ARTICLES

- 1 - J. ADEM - On the theory of the general circulation of the atmosphere.  
Tel. XIV, 1962, p. 102-115.
- 2 - B. P. ALISSOW - Die klimate der Erde. Berlin, 1954, 277p.
- 3 - B. P. ALISSOW, O. A. DROSDOW et E. S. RUBINSTEIN - Lehrbuch der Klimatologie. (traduction de l'ouvrage russe, 1952) Berlin 1966  
536p.
- 4 - E. ALT - Klimakunde von Mittel und Südeuropa. Handbuch der Klimatologie, Band III, Berlin 1932. Teil V 288p.
- 5 - J. M. de ALMEIDA LIMA - O clima do Portugal continental. Lisbonne 1922  
82p.
- 6 - H. AMORIM FERREIRA, D. PEIXOTO et T. R. ESPIRITU SANTO - Balance Hidrico e clima de Portugal continental. Un. de Lisbonne, 1965, 50p.
- 7 - A. de AMORIM GIRAO - Ventos predominantes em Portugal e seus nomes populares tradicionais. Bol. Cent. Est. Geo. 1951, n° 2-3, p. 35-36.
- 8 - A. de AMORIM GIRAO - Sobre uma recente "Carta Ecologica de Portugal".  
Bol. Cent. Est. Geo. 1954, n° 8-9, p. 1-16.
- 9 - A. de AMORIM GIRAO - Glaciação quaternaria na Serra do Jurès. Bol. Cent. Est. Geo. 1958, n° 16-17, p. 13-22.
- 10 - A. ANGOT - Régime des pluies de la Péninsule Ibérique. An. du Bureau Central Météo. Paris. Mémoires I - An. 1893, p. 157-194.
- 11 - I. ASENSIO AMOR et J. SUAREZ ACEVEDO - Caracteres climaticos en la zona litoral del Eo. Est. Geog. n° 89, 1962, p. 535-552.
- 12 - H. P. BAILEY - Toward a unified concept of the temperate climate. Geo. Rev. LIV, Oct. 1964, p. 516-545.
- 13 - A. BARATA PEREIRA - Normais diárias da temperatura e da precipitação. (1867 - 1941) Coimbra 1948, 26p.
- 14 - G. D. BARBE - Structure fine transversale d'un courant jet. La Météo. 1960, n° 59, jt-sept. 1960, p. 353-408.
- 15 - G. D. BARBE - La circulation atmosphérique à moyenne échelle (mesoscale) dans la basse et moyenne atmosphère. W. M. O. tech. note Switz n° 95, 1969, p. 272-284.



- 16 - P. BARRERE - Le climat, les eaux et la végétation de la Péninsule Ibérique. R. G. P. S. O. , 1955, p. 319-323.
- 17 - E. C. BARRETT - Climatology from Satellites - Methuen, Londres, 1974, 418p.
- 18 - R. G. BARRY - Models in Meteorology and climatology - in Models in Geography (ed. R. Chorley et P. Haggett) Methuen, 1967, p. 97-136.
- 19 - R. G. BARRY - A synoptic climatological diagram. Rev. Geogr. Montréal 24, 1970, p. 340-345.
- 20 - R. G. BARRY et R. S. CHORLEY - Atmosphere, Weather and climate. Methuen 1968, 319p.
- 21 - R. G. BARRY et A. H. PERRY - Synoptic Climatology. Methuen, 1973, 555p.
- 22 - A. BASSET TERUSSE - Les retours d'est sur la Côte d'Azur. 2ème partie Etude à l'échelle locale. La Météo. n° 73, jv-m. 1964. p. 43-50.
- 23 - R. M. BASILE - Determining Thornthwaite classification. Am. Ass. Geographers. Septembre 1969, p. 552-563.
- 24 - F. BAUR - Einführung in die Grosswetterkunde. Wiesbaden : Dieterich 165p.
- 25 - F. BAUR - Situaciones generales meteorológicas de Europa. Min. del aire Servicio Meteorológico Nacional. Madrid 1949. Pub. Série A n° 20, p. 21-55.
- 26 - F. BAUR - Die jahreszeitliche und geographische Verteilung des blockierenden Hochdruckgebiete auf der Nordhalbkugel Nördlich. des 50 - Idöjoras. C. 62, 1958, n°2, p. 73-82.
- 27 - F. BAUR - Grosswetterkunde und langfristige Witterungsworhersage. Frankfurt - An. Main : Akad Verlagsgesellschaft, 1963, 91p.
- 28 - F. BAUR - Bericht über die Meteorologische Fortbildungstagung für Rund. 22, 1969, n°5, p. 125-132.
- 29 - J. E. BELASCO - Characteristics of air masses over the British Isles Geophysical Memoirs. 1962, II (87) 1950-54, p. 1-34.
- 30 - J. P. BENZEKRI et al. - L'analyse des données. Dunod Paris 1973, T. I la taxinomie, 615p. - T. II l'analyse des correspondances, 624p.
- 31 - M. BERENGER - Essais d'études météorologiques du Bassin Méditerranéen. Memorial Météo Nat. n° 40, 1955, 44p.
- 32 - M. BERENGER - Quelques considérations du point de vue de l'analyse synoptique portant sur l'utilisation des photographies prises par satellites météorologiques. La Météo. Juillet-sept. 1964 n° 75, p. 199-214.
- 33 - M. BERENGER - Les satellites météorologiques et la prévision marine. La Météo. n° 79, jt-sept. 1965, p. 201-209.

- 34 - M. BERENGER - Utilisation des données des satellites météorologiques dans le domaine de la météorologie alpine - Xe Congrès international de Météo. Alpine. Grenoble 1968 - La Météo. av-sept. 1969, p. 11-31.
- 35 - T. BERGERON - Über die dreidimensional verknüpfende Wetteranalyse. 1ère partie. Prinzipielle Einführung in das Problem der Luftmassen und Frontenbildung. Geof. Publ. Oslo vol. 5, 1928, 111p.
- 36 - H. BERGERON - On the lowlevel redistribution of atmosphere water caused by orography. Pro. Int. Conf. on cloud physics - Tokyo and Sapporo 1965.
- 37 - R. BERGGREN, B. BOLIN et C. G. ROSSBY - An aerological study of zonal motion, its perturbations and breakdowns - Tel. 1969, n°2, p. 14-37.
- 38 - R. BERGGREN et A. NYBERG - Eddy vertical transport of latent and sensible heat. Tel. XIX, 1967, n°8, p. 18-23.
- 39 - P. BERNADET - Indices et profil de circulation. La Météo n° 63, 1961, p. 261-273.
- 40 - F. A. BERSON - A synoptic aerological study of interaction between vortices. Tel. 1951, vol. 3, n° 5, p. 172-190.
- 41 - G. BERTRAND - Esquisse géographique de la Liébana. R. G. P. S. O. XXXV sept. 1954, p. 225-262.
- 42 - G. BERTRAND - Paysage et géographie physique globale. Esquisse méthodologique. R. G. P. S. O. 39, sept. 1968, p. 249-272.
- 43 - G. BERTRAND - Les structures naturelles de l'espace géographique. L'espace des Montagnes Cantabriques Centrales (N. O. de l'Espagne), in n° spécial consacré à la science du paysage. R. G. P. S. O. 43, avril 1972, p. 175-206.
- 44 - G. BERTRAND - Les géosystèmes du valle de Prioro (Espagne du NO). L'espace géographique. n°2-1972, p. 113-123.
- 45 - J. P. BESANCENOT - Avant projet de recherche sur la climatologie touristique comparée - Dijon 1974. Texte ronéo. 7p.
- 46 - E. R. BIEL - Climatology of the Mediterranean area. University of Chicago, 1944. Miscellaneous Reports No. 13, 180p.
- 47 - A. BIEL LUCEA - Helados. B. M. C. sept. 1962, p. 3-7.
- 48 - A. BIEL LUCEA - La lluvia en España. Bol. Mens. Clim. mars 1963, p.2-7.
- 49 - A. BIEL LUCEA - Nubosidad e insolación. Bol. Mens. Clim. sept. 1963 p. 2-9.
- 50 - A. BIEL LUCEA - Humedad y evaporación. Bol. Mens. Clim. sept. 1963 p. 3-7.



- 51 - A. BIEL LUCEA - Meteorología y estranportes. Bol. Mens. Clim. Nov.1963 p. 6-9.
- 52 - J. BIEL LUCEA - Masas aerias troposféricas de España. Rev. Universidad. Saragosse 1943.
- 53 - M. BILLAUT - Les orages d'été dans la plaine du Pô - BAGF Nov. Dec. 1961, p. 209-227.
- 54 - M. BILLAUT, P. BIROT-CAVALIER et P. PEDELABORDE - Problèmes climatique sur la bordure N. du Monde Méditerranéen. An. de geo. LXV jv. fev. 1956 - n° 347 p. 15-39.
- 55 - P. BIROT - Le Portugal - A. Colin Paris. 1950 222p.
- 56 - P. BIROT - Evolution des théories de la circulation atmosphérique générale. Ann. de Géo. Mars-Avril 1956, n° 348, p. 81-97.
- 57 - P. BIROT - Etat des publications de la "geografía de España y Portugal An. de Géo. 1957, p. 187-188.
- 58 - P. BIROT - Géographie Physique Générale. A. Colin, Paris, 1959, 403p.
- 59 - P. BIROT - Géographie physique générale de la zone intertropicale - CDU 1960, 244p.
- 60 - P. BIROT - Les formations végétales du globe. SEDES. Paris, 1965, 508p
- 61 - P. BIROT - Les régions naturelles du globe. Masson. Paris, 1970, 380p.
- 62 - P. BIROT et J. DRESCH - La Méditerranée et le Moyen-Orient - T.I, La Méditerranée Occidentale, Orbis, PUF, 1953, 544p.
- 63 - P. BIROT et L. SOLE SABARIS - Recherches morphologiques dans le N.O. de la Péninsule Ibérique. Mémoires et documents T.IV - CNRS Paris, 1954.
- 64 - J. BJERKNES - Diagnostic and pronostic application of mountain observations. Geof. Publik vol.III, 1924, n°6, p. 3-35.
- 64b - J. BJERKNES - Extratropical cyclones. Comp. of Météo - 1951 - p. 577-578.
- 65 - J. BJERKNES - The recent warming of the North Atlantic. In Memorial Rossby. Stockholm, 1959, p. 65-73.
- 66 - J. BJERKNES - Synoptic survey of the interaction of sea and atmosphere in the North Atlantic. Geog. Publik in memory of W. Bjerknes Vol. 24, 1962, n°24, p. 115-145.
- 67 - J. BJERKNES - Synoptic survey of the interaction of sea and atmosphere in the North Atlantic. Geophys. Norvegica (W. Bjerknes Centen. Vol.) 1962, n°24, p. 115-157.
- 68 - J. BJERKNES - Climatic change as an ocean-atmosphere problem. In Changes of climate Arid Zone Res. No. 20, Paris, 1963, UNESCO, p. 297-321.
- 69 - J. BJERKNES - Response of the atmospheric Hadley circulation to equatorial anomalies of the ocean temperature. Tel. XVIII, n°4, nov. 1966, p. 820-829.
- 70 - J. BJERKNES - Atmospheric teleconnections from the Equatorial Pacific. Month. Weat. Rev. vol. 97, n° 3, mars 1969, p. 163-172.
- 71 - J. BJERKNES et H. SOLBERG - Meteorological conditions for the formation of rain. Geof. Publik vol. II, 1921, n° 3.
- 72 - J. BJERKNES et H. SOLBERG - 1922 Life cycle of cyclones and the polar front theory of atmospheric circulation. Geo. Publik, Oslo, 1922, 3, 18p.
- 73 - F. BLASCO - Montagnes du S. de l'Inde (forêts, savanes, écologie). Inst. Français de Pondichéry.



- 74 - J. BLUTHGEN - Kaltluftteinbrüche im Winter des atlantischen Europas. Geogr. Zeitung 48, 1942, p. 21-46.
- 75 - J. BLUTHGEN - (1966) Allgemeine Klimageographie - 2° ed. Berlin : W. de Gruyter 720p.
- 76 - I. BODOLAI, E. JAKUS - A jet model of the warm sector - Idojāras Magyar - 74-1970, n°3-4, p. 239-244.
- 77 - B. BOLIN - On the Parth's orography on the general caractere of westerlies Tel. II. 1950, n°3, p. 184-195.
- 78 - L. F. BOSART - Midtropospheric Frontogenesis - Q.J.R.M. Soc. 96, Jv 1970, n°409, p. 442-471.
- 79 - E. BONTROND - Le problème des retours d'est sur la côte d'Azur (3e partie). La Météo n°76 oct-déc. 1964, p. 279-336.
- 80 - M. de BOODT, P. MOERMAN et J. de BOEVER - Comparative Study of the water balance in the aerated zones - AIHS UNESCO - pub 82, p. 63-74.
- 81 - R. J. BOUCHER and R. J. NEWCOMB - Synoptic interpretation of some Tiros vortex patterns : a preliminary cyclone model. J. Ap. Met.1, 1962, p. 127-136.
- 82 - J. R. BRAY - Glaciation and solar activity since the fifth century BC and the solar cycle. Nature, G.B. 220 (1968), n°5168, p. 672-674.
- 83 - F. P. BRETHERTON - Baroclinic instability and the short wavelength cut-off of potential vorticity Q.J.R.M.Soc. 92. 1966, p. 393-395.
- 84 - H. BREZOWSKY, H. FLOHN and P. HESS - Some remarks on the climatology of blocking action - Tel III, Août 1951, p. 191-194.
- 85 - W. AR. BRINKMANN - What is a Foehn ? Weat. juin 1971, p. 230-239.
- 86 - H. BRISSE et G. GRANDJOUAN - Adaptation d'une méthode de classification multivariable par similitudes à l'écologie végétale en milieu naturel - Oecol. Plant. 6 - 1971 - p. 163-187 et p. 271-288.
- 87 - H. BRISSE et G. GRANDJOUAN - Classification climatique des plantes. Oecol. Plant. 9 - 1974 - p. 51-80.
- 88 - P. BROCHET et N. GERBIER - L'évapotranspiration - Monographie de la Météo Nat n° 65 Paris 1968, 67p.
- 89 - K. A. BROWNING - Radar measurements of air motion near fronts - Weat. août 1971 vol. 26, p. 320-340.
- 90 - K. A. BROWNING et T. W. HARROLD - Air motion and precipitation growth in a wave depression Q.J.R.M.Soc. Av. 1969 n°404, p. 288-309.
- 91 - K. A. BROWNING et T.W. HARROLD - Air motion and precipitation growth at a cold front Q.J.R.M. Soc. Jr. 1970 n°409, p. 369-389.
- 92 - K.A. BROWNING, C.W. PARDOE et F.F. HILL - The nature of orographic rain at wintertime cold fronts - Q.J.R.M. Soc. 1975 n°101, p. 333-352.
- 93 - R. BRUNET - Les phénomènes de discontinuité en géographie - Mémoires et documents CNRS Paris. Vol.7 1968, 117p.
- 94 - J. BRUNHES - L'irrigation, ses conditions géographiques, ses modes et son organisation dans la Péninsule Ibérique et dans l'Afrique du Nord - Paris 1902, 518p.
- 95 - R.A. BRYSON, P.M. KUHN - Stress-differential induced divergence with application to littoral precipitation. Erdk. 15, 1961, p. 287-294.
- 96 - M.I. BUDYKO - The effect of solar radiation variations on the climate of the Earth. Tel.XXI, 1969, n°5, p. 611-619.
- 97 - K. BURGER - Zur klimatologie der Grosswetterlagen ; ein Witterungsklimatologischer Beitrag. Ber.Dtsch Wetterd. 6 (45), 1958, 79, 21p.
- 98 - A.F. BUNKER - Heat and water vapour fluxes in air flowing south over the western North Atlantic. J. of Met. 17, 1960, p. 52-63.

- 99 - K.W. BUTZER - Mediterranean pluvials and the general circulation of the Geo. An. 1957, n°1, p. 48-53.
- 100 - K.W. BUTZER - The recent climatic fluctuation in lower latitudes and the general circulation of pleistocène. Geo. An. 1957, n°2-3 p. 105-113.
- 101 - H. BYERS - General meteorology 3e ed. N.Y. 1959, 540p.
- 102 - G.S. CALLENDAR - Temperature fluctuation and trends over the Earth Q.J.R.M. Soc. 87, 1961, p. 1-12.
- 103 - C. CANEVET - Le nombre de jours de neige dans les Sierras de Guadarrama et des Gredos. DES mém. compl. Rennes 1963 ronéo - 29p.
- 104 - T.N. CARLSON et F.H. LUDLAM - Conditions for the occurrence of severe local storms Tel. XX 1968 p. 203-226.
- 105 - A. de CARVALHO ANDREA - Algumas características climatológicas de Portugal. Las Ciencias TII, 1935, n°3, 22p.
- 106 - A. de CARVALHO ANDREA - O clima de Portugal acima do paralelo 40° - Lisboa 1937. 44p.
- 107 - A. de CARVALHO BRANDAO - Particularidades das situações meteorológicas de Portugal - Aticua academo I Coimbra 1931.
- 108 - M. CASTANS CAMARGO - Energia atmosférica utilisable - Rev. geofis. Esp. 1966 n°99-100, p. 187-204.
- 109 - CHADULE (Groupe.) - Initiation aux méthodes statistiques en géographie. Masson, Paris, 1974, 191p.
- 110 - J.G. CHARNEY - On the general circulation of the atmosphere in Rossby memorial Stockholm 1959 p. 178-183.
- 111 - J.G. CHARNEY - Dynamics of deserts and drought in the Sahel Q.J.R.M. Soc. 1975 Vol. 101, p. 193-202,
- 112 - J. CHARRE et P. DUMOLARD - Essai de classification synthétique des climats de la Turquie - Méditerranée n°3 - 1973 p. 51-65.
- 113 - R.J. CHORLEY - Water, Earth and Man - Methuen 1964. 588p.
- 114 - R. J. CHORLEY et P. HAGGETT - Models in geography - Methuen London 1968, 2ème édition, 816p.
- 115 - W.I. CHRISTENSEN et R.A. BRYSON - An investigation of the potential of component analysis for weather classification. Mont. Wea. Rev. 1966. 94. p. 697-709
- 116 - S.P. CHROMOW - Ein Führung in die Synoptische Wetteranalyse. Vienne 1940 522p.
- 117 - L.C. CLARKE et R.J. RENARD - The U.S. Navy numerical frontal analysis scheme : further developments and a limited evaluation. J. Met. 5. 1966 p. 764-777,
- 118 - R. CLAUSSE et A. GUEROUT - La durée des précipitations - indice climatique de climatologie touristique - La météo Jv Mars 1955, n°37 p. 1-9
- 119 - M. CLERGET - Les types de temps en Méditerranée. Ann. de Géogr. 46, 1937, 225-246



- 120 - M. COLACINO, A. GUERINI et F.M. VIVONA (1970). In *quinamento atmosferico e climat. Geofis. e. Meteorol.* (1970) 19, n°5-6 ; p. 139-142.
- 121 - A.E. COLE - Frontal and airmass weather at Portela Airport - Lisbonne Serv. Meteo.Nac.Lisbonne. mem 27 fév. 1954 40p
- 122 - J.H. CONOVER - The identification and significance of orographically - induced clouds observed by Tiros satellites, *Met.* 3, 1964, p. 226-32.
- 123 - J.H. CONOVER, W.S. LANTERMAN et V.J. SCHAEFER - Major cloud systems in *World Survey climatology Vol. V* (ed. D Rea). Elsevier Amsterdam. Londres N.Y. 1969 p. 205-245.
- 124 - V. CONRAD et L. POLLAK - *Methods in climatology* - Harvard Un. Press 1950 2e ed. 459p
- 125 - G.A. CORBY - *Proceedings on the global circulation of the atmosphere* Londres. Roy. Met. Soc. 1-2. 1970 257p
- 126 - R. CORIOLAN - Notice détaillée des feuilles armoricaines, de la végétation, CNRS. Paris 1971, 197p
- 127 - J.M. CRADDOCK - The warming of arctic air masses over the eastern north atlantic *Q.J.R.M.Soc.* V. 77 juillet 1951, n°333 p. 355-364
- 128 - J.M. CRADDOCK et J.M. LOWNDES - A synoptic study of anomalies of surface air temperatures over the Atlantic Gulf of northern hemisphere - *Met. Office Londres, Notes* n°126 1958, 6p.
- 129 - R.A. CRAIG et H.C. WILLETT - Solar energy variations as a possible cause of anomalous weather changes. *Comp. of Met.* 1951 p. 379-390.
- 130 - P.R. CROWE - *Concepts in climatology* - Longman Londres - 1971 - 589p.
- 131 - D. CRUETTE - Etude des perturbations de relief à l'aide des photographies de satellites et de mesures en avion. Thèse science Paris. Juin 1973-T 2, 168p
- 132 - D.R. CURREY - *Continentality. An. Ass. Amer. Geog.* Juin 1974, p. 268-272
- 133 - J. CUSTODIO de Moraes - A radiação solar em Portugal sua importância como factor do clima - *Memorias e Noticias Coimbra* n°13 1944, 29p
- 134 - J. CUSTODIO de MORAIS - Divisions climatiques du Portugal - C.R. Congrès inter. Geogr. de Lisbonne 1949, T4 p. 696
- 135 - J. CUSTODIO de Moraes - Cartas da chuva na Peninsula Ibérica. *Bol. Cent. Est. Geo.* 1951 n°2-3 p. 63-74
- 136 - J. CUSTODIO de MORAIS - Clima de Coimbra - Suas variações *Bol. Cent. Est. Geo.* 1953 n°6-7 p. 30-32



- 137 - J. CUSTODIO de MORAIS - Ventos e rumos - Bol Cent. Est Geo 1966 n°18  
p. 103-120.
- 138 - J. CUSTODIO de MORAIS - Clima de Portugal. Min. de obras Pub.Lisbonne  
1966.
- 139 - J. CUSTODIO de MORAIS - O clima no mar a volta da Peninsula Ibérica e  
suas relacoes com o clima de Portugal. Rev. Fac. Cienc. Un.  
Coimbra n°39, 1967, p. 253-285.
- 140 - G. DADY - Cours de météorologie générale. Météo. Nationale. Paris Nov  
1961, 1° édit. 192p.
- 141 - G. DADY - L'état actuel de la Météorologie Dynamique. La Météo, oct.  
1962, n°68, p. 317-325.
- 142 - G. DADY - Le point de vue spectral ou Météorologie Dynamique. La Météo  
5e série n°8, 1968, p. 435-482.
- 143 - G. DADY - Météorologie Dynamique et prévision numérique - Météo Natio  
nale - Paris 1969 - 394p.
- 144 - G. DADY - Comprendre l'atmosphère. Science et vie n° spécial Météo  
1970, n°92.
- 145 - P. DAGET - Etude Phytoclimatique d'une région de moyenne montagne :  
la Margeride. CNRS Montpellier, 1967, 186p.
- 146 - W. DAMMAN - Klimatologie der atmosphärischen Störungen über Europa.  
Erdk. 14, 1960, p. 204-221.
- 147 - J. DANTIN CERECEDA - Clima de la region asturleonese. Est. Geogr.  
1944, p. 27-44.
- 148 - J. DANTIN CERECEDA - Resumen fisiográfico de la Peninsula Ibérica  
Cons. Sup. de Inst. Cientifi. Madrid 1948, 309p.
- 149 - J. DANTIN CERECEDA et A. REVENCA CARBONELL - Las lineas y las zonas  
isóxeras de Espana, según los indices thermopluviométricos.  
Est. géo. 1941, n°2, p. 35-91.
- 150 - A. DAUPHINE - Les précipitations dans les Midis français. Thèse Lille  
1976, 586p. - atlas de fig 101p.
- 151 - A. DAUVILLIER - Physique solaire et géophysique. Masson 1962, 354p.
- 152 - M. DAUMAS - Les crues du 3 août 1963 dans les hautes vallées arago-  
naises et catalanes. R.G.P.S.O/ t. 35, 1964, p. 305-310.
- 153 - D.R. DAVIES - Mathematics and the weather. Univers. Exeter mars 1969  
25p.
- 154 - E.L. DEACON - Physical Processes near the surface of the Earth. in  
World survey of climatology Vol.2 (ed. W. Flohn) Elsevier  
1969, p. 39-104.
- 155 - A. DEFANT - Die Zirkulation der Atmosphäre in den gemässigten Breiten  
der Erde Geo. An. 1921, n°3, p. 209-266.
- 156 - F. DEFANT - Local winds. In Comp. of Met. 1951, p. 655-672.

- 157 - F. DEFANT - On hydrodynamic Instability caused by on approach of subtropical and polar front jet stream in northern latitudes before the onset of strong cyclogenesis - in Memorial Rossby, 1959, p. 305-325
- 158 - F. DEFANT et H. TABA - The break down of zonal circulation during the period January 8 to 13, 1956, the characteristics of temperature field of Motion, Tel. X 1958, n°4 p. 430-450
- 159 - F. DEFANT et H. TABA - The threefold structure of the atmosphere and the characteristics of the tropopause. Tel. 9 1957 P. 259-274.
- 160 - F. DEFANT, H. ME VAN DE BOOGARD - The global circulation features of the troposphere between the equator and 40° N based on a simple day's data Part. I the structure of the basic meteorological fields. Tel. XV. 1963, n°3 p. 251-260
- 161 - M. DEHSARA et K. CEHAK - A global survey on periodicities in annual mean temperatures and precipitation totals. Arch. Met. Geophys. Bioklimat. B. 18; 1970, n°3-4, p. 253-268.
- 162 - R.J. DELAND - The vertical structure of planetary-scale Rossby waves. Q.J.R.Met. Soc. 96, 1970, n°410, p. 756-757
- 163 - G.L. DELCAMBRE - Lexique météorologique. Paris 1926, 459p.
- 164 - L. DELPECH - Le sinistre du 4 mai 1961 en Normandie. La Météo. juil. sept. 1962 n°67 p. 279-290,
- 165 - L. DELVOSALLE et J. DUVIGNEAUD - Itinéraires botaniques en Espagne et au Portugal - Bruxelles 1962 - 116p
- 166 - D.V. DESHPANDE - Sunspot cycle and regional rainfall. Weat. 1968, 23, n°2, p. 78-79.
- 167 - J. DETWILLER - Réchauffement et jet d'est tropical d'hiver dans la stratosphère (janvier 1962) La Météo jv. mars 1965 n°77, p. 59-66.
- 168 - J. DETWILLER - Caractéristiques du jet subtropical sur le N.W. de l'Afrique. Mono. Météo Nationale Paris, 1967, n°58, 29p.
- 169 - G. DIMACOPOULOS - Les étésiens - La Météo, n°73, jv.mars 1966, p.15-21.
- 170 - G.V. DMITRIEVA, J.V. KRASNOPEVTSEN, V.V. LUKJANOV et S.G. MALAKHOV - Investigation of the radioactive aerosol distribution over oceans and some problems of the latitudinal exchange in the tropical zone. Tel. XVIII, 1966, n°2 p. 407-415
- 171 - E.H.G. DOBBY - Galicia : a little-known corner of Spain. Geo. Rev. XXVI 555-580. New York, 1936.



- 172 - O. DOLLFUS - L'analyse géographique - Que sais-je ? Paris 1971  
126p
- 173 - M. DOPORTO - Tipos de distribucion isobarica y tiempo en golfo  
de Viscaya. Trabajos del observ. de Igueldo  
(S. Sébastian) 1929 - p. 5-40
- 174 - M. DOPORTO - Cincuenta y cinco anos de observaciones pluviométricas  
en San Sebastián (1878-1932). Trabajos del Obs. de  
Igueldo (San Sebastian) 1933, 6p.
- 175 - I. DODDS - A comparison of depressions over Europe and the northeast  
Atlantic. Weat. 26, 1971, p. 210-216.
- 176 - A. DOUGUEDROIT et M.F. de SAINTIGNON - Méthode d'étude de la  
décroissance des températures en montagne de latitude  
moyenne : exemple des Alpes françaises du Sud - RGA,  
1970 - 3, p. 463-472
- 177 - M. DRAIN - Géographie de la Péninsule Ibérique PUF. Que sais-je ?  
1964, 128p.
- 178 - A. DROCHON - Hypothèse sur les brouillards d'advection sur la  
presqu'île du cap vert. ASESNA. Dakar. 1969, n°28, 7p.
- 179 - D. DUBAND - Reconnaissance dynamique de la forme des situations  
météorologiques EDF - Texte ronéotypé - 1970, 11p.
- 180 - D. DUBAND - Applications de la statistique en Météorologie. EDF  
déc. 1970, 12p.
- 181 - J. DUBIEF - Le climat du Sahara. Alger. T.I. 1959, 312p, T.II, 1963  
275p
- 182 - J. DUBIEF et P. QUENEY - Les grands traits du climat du Sahara  
algérien. La Météo 119 fév. 1935, p. 80-91
- 183 - P. DUCHAUFOR - L'évolution des sols. Masson. Paris 1968, 94p
- 184 - A. DUE ROJO - Años de sequia. Revista de Geofísica 47 p. 227-233  
july september, 1953
- 185 - P. DUPONT - Sur le peuplement des terrains calcaires de la région  
littorale vasco-asturienne - Die Pflanzenwelt Spaniens  
veröffentlichungen des geobotanischen Inst. Rubel in  
Zurich. Verlag. Hans Huber. Bern 1956, p. 177-185
- 186 - P. DUPONT - La flore atlantique européenne. Introduction à l'étude  
du secteur iberoatlantique - Toulouse 1962 414p.
- 187 - F. DURAND DASTES - La géographie des airs. Col. Magellan 1969 275p.
- 188 - F. DURAND DASTES - Les pluies sur les côtes orientales de l'Inde  
et au Viet Nam en octobre et novembre - An. de Geo.  
1970 p. 226-240



- 189 - F. DURAND DASTES - A propos des notions de type de temps et de type de circulation - Rapport ronéotypé présenté aux journées de climatologie de Rennes Nov 1974 - 4p
- 190 - B. L. DZERDZEEVSKII, V. KURGANSKAIA et A. VITVITSKAIA - En russe typologie des mécanismes de circulation dans l'hémisphère N et caractéristiques des saisons synoptiques - Moscou 1946 80p
- 191 - B.L. DZERDZEEVSKII - Rôle d'analyse de la circulation atmosphérique générale pour l'établissement des frontières entre régions arides et humides. Essais de geographic academic des sciences de l'U.S.S.S. Moscou 1956 p. 150-156
- 192 - B.L. DZERDZEEVSKII - Some aspects of dynamic climatology. Tel. XVIII 1966 n°4 p. 751-760
- 193 - B.L. DZERDZEEVSKII - Fluctuations of general circulation of the atmosphere and climate in the twentieth century Changes of climate. Proc. of Rome Symposium UNESCO 1963 p. 285-295
- 194 - B.L. DZERDZEEVSKII - Fluctuations of climate and of general circulation of the atmosphere in extratropical latitudes of the northern hemisphere and some problems of dynamic climatology. Tel. XVI 1962 n°3 p. 328-336.
- 195 - B.L. DZERDZEEVSKII - L'évaluation de l'effet des grands massifs sur les macroprocessus de circulation. Congrès Météo, alpine Grenoble. La Météo 5e série n°10-11 1969 p. 271-280
- 196 - J.C. EDINGER - Modifications of the maince loyer over coastal southern California - J. Ap. Met. 1963 p.706-712
- 197 - A. EHRLICH - Synoptic patterns associated with singularities in the north-eastern Atlantic. Bul. Amer. Met. Soc. 35, 1954, p. 215-219.
- 198 - F. ELIAS CASTILLO - Precipitaciones maximas en España - Regimen de Intensidades y Frecuencias. Madrid 1963 267p
- 199 - F. ELIAS CASTILLO et R. GIMENEZORTIZ - Evapotranspiraciones potenciales y balances de agua en España - Ministerio de Agricultura. Madrid 1965 295p.
- 200 - A. ELIASSEN - On the formation of fronts in the atmosphere. In the atmosphere and the sea in motion. The Rossby memorial volume, 1959, p. 277-287.
- 201 - A. ELIASSEN - On the vertical circulation in frontal zones. Geo. Publik. vol. XXIV, 1962. In memory of W. Bjerknes. p. 146-161.

- 202 - R.D. ELLIOTT - Extended range forecasting by weather types. Comp. of Met. 1951, p. 834-840.
- 203 - L. EMBERGER - Travaux de botanique et d'écologie - Masson Paris 1970 520p.
- 204 - L. EMBERGER, H. GAUSSEN, KASAS et de PHILIPPSIS - Carte bioclimatique de la zone méditerranéenne - UNESCO 1963  
Carte 1/5 000 000 + commentaire 58p.
- 205 - R.M. ENDLICH et G.S. MACLEAN - The structure of the jet stream core. J. of Met. 14, 1957, p. 543-552.
- 206 - R.M. ENDLICH et G.S. MACLEAN - Geostrophic and gradient departures in jet streams. J. of Met. 17, 1960, n°2 - p. 135-147.
- 207 - H. ENJALBERT - L'alto douro. Les vins de Porto. C.D.M. oct-déc. 1949 p. 289-312.
- 208 - R. ENSALEM - Un schéma de type de temps continental tiré d'un jeu de cartes manuelles de pressions au niveau de la mer pour l'hémisphère nord. La Météo. avril 1962 p. 129-159.
- 209 - R. ENSALEM - Essai de classification génétique des climats des surfaces continentales. Intergéo. Fr. 1969, n° 13 p. 45-62.
- 210 - R. ENSALEM - Nature et principaux facteurs de l'évapotranspiration 1° partie la Météo n° 22 1972 p. 1-53. 2° partie la Météo 1972 n° 23 p. 1-50.
- 211 - P. ESTIENNE - Pour une conception géographique du climat. R.G.A. 1951 p. 331-343.
- 212 - P. ESTIENNE - Recherches sur le climat du Massif Central. Memorial Météo Nat. Paris n° 43, 1956, 242p.
- 213 - P. ESTIENNE et A. GODARD - Climatologie - A. Colin U Paris 1970 365p.
- 214 - P. ESTOQUE - A theoretical investigation of the sea breeze. Q.J.R.M. Soc. 87, 1961, p. 136-146.
- 215 - P.J. EVERSON et D.R. DAVIES - On the use of a single two level model in general circulation studies. Q.J.R.M.Soc. jt. 1970, 96, p. 404-412.
- 216 - S. EVJEN - Number of cyclones and anticyclones in northwest and middle Europe. Met. Ann. Oslo, 3, 1954, p. 459-485.
- 217 - W. FAIRBRIDGE - La base eustatique de la géomorphologie. Ann. de geo. LXXème année, p. 486-492, Trad. F. Ruellan.

- 218 - H. FAUST - Der Aufbau der Erdatmosphäre. Vieweg Braunschweig 1968 307p.
- 219 - Y.A. FELDMAN et L.A. TCHOUDOUKOV - L'étude du climat des régions arides et extraarides de l'URSS par la climatologie compréhensive. In essais de géographie Acad. des Sc. de l'URSS. Leningrad-Moscou 1956 p. 157-163.
- 220 - P. de FELICE - Un exemple de l'action du sol sur l'écoulement de l'air. Arch. Met. Géophys. Biokl. Ser. B. 1970 p. 279-286.
- 221 - P. de FELICE et J. GASNE-TABBACH - A possible sea breeze effect in Brittany - 16 Weat. mai 1971 p. 217-221.
- 222 - F. FERNANDEZ ALONSO - Ensayo de revisión de los Conceptos "Iberia húmeda" e "Iberia seca" Est. Geogr. Fev 1957 n°66 p.5-30
- 223 - A. FERRAZ de CARVALHO - Clima de Coimbra. Lisbonne 1922 114p.
- 224 - M. FERRER REGALES - La región costera del oriente asturiano. Owedo Inst. de Est. asturianos 1960 207p.
- 225 - J. FILGUERIA VALVERDE - Bibliografía de Galicia - Cuaderno Est. Gallegos. St Jacques de Compostelle 1957 n°78 p. 349-378.
- 226 - J. FINDLATER - A note on analysis of anticyclones. Met. Mag. 96 1967, n°1136 p. 69-73.
- 227 - E.L. FISHER - An observational study of the sea breeze. J. of Met. déc. 1960 p. 645-660.
- 228 - R.F. JORTOFT - Stability properties of large-scale atmospheric disturbances. In comp. of Met. 1951, p. 454-463.
- 229 - P. FLATRES - Géographie rurale de quatre contrées celtiques : Irlande Galles, Cornwall et Man - Rennes 1957 - 608p.
- 230 - F. FLIRI - Wetterlagenkunde von Tirol. Tiroler wirtschaftsstudien (Un. Innsbruck) 1962 n°13 436p.
- 231 - F. FLIRI - Über signifikanten synoptisch-klimatologischer Mittelwerte in verschiedenen Alpen Wetterlagensystemen. Carinthia II (Vienna) Sonderheft 1965, 24, p. 36-48.
- 232 - F. FLIRI - Synoptische Klimadiagramme. Erde 96, 1965, p. 122-135.
- 233 - H. FLOHN - Le temps et le climat. Paris Hachette 1968 253p.
- 234 - H. FLOHN - Local wind systems. In world survey climatology vol. 2, 1969, p. 139-169. ed. H. Flohn Elsevier.
- 235 - P. FONTAINE - Les "gouttes d'air froid" sur l'Europe. La Méditerranée et l'Atlantique est. La Met. avril-juin 1951 p. 98-112.



- 236 - P. FONT QUER - La vegetación in Geografía de España y Portugal.  
Col. Teran; T. II Barcelone 1954 p. 143-271.
- 237 - E. FONTSERE - L'anomalia termica de la Plana de Vic - Survei  
Météo de Catalunya - Mem. vol. 1 n°1 Barcelone  
1937 4Op.
- 238 - I. FONT TULLOT - El tiempo atmosferico en las Islas Canarias. Serv.  
Meteo. Nac. Madrid - Memoria A n°26 - 1956 - 96p.
- 239 - I. FONT TULLOT - La insolación en España. Bol. Mens. Clim. Serv.  
Meteo. Nac. XVII (2) February 1956 p. 3-5.
- 240 - I. FONT TULLOT - Periodos frios en la Peninsula Ibérica. Rev. de  
Geof. 1957 p. 41-60.
- 241 - M.A. FOSBERG et M.J. SCHROEDER - Marine air. Penetration in  
Central California. J. of Ap. Met. Oct. 1966, 5,  
p. 573-589.
- 242 - P.R. FRANCO - The jet stream and wind maxima over Spain. Atti del  
congresso sulle correnti a getto - Turin 1960  
p. 19-22.
- 243 - E.M. FRISBY et F.H. GREEN - Comparison of the regional and  
seasonal frequency of air masses. Comptes rendus,  
Congrès Internat. de Geogr. (Lisbon), vol. 2,  
1949, p. 307-314.
- 244 - F.C. FUGLISTER - Atlantic ocean atlas of temperature and salinity  
profils and dater from the international geophy-  
sical year of 1957-1958. vol. 1 1960 - Woods  
hole oceanographic institution. Massachussets.
- 245 - T. FUJITA - Results of detaillled synoptic studies of squall lines.  
Tel. 7 , nov. 1955, n°4 p. 405-436.
- 246 - A. GABILLY - Relations entre les anomalies de la circulation  
zonale sur le proche océan et les caractéristiques  
météorologiques des hivers et des étés dans le  
N et l'O de la France. La Météo. 4° série n°37  
jv-mars 1955 p. 29-43.
- 247 - A. GABILLY - Singularités de la circulation zonale et de la  
pression. La Météo. oct. déc. 1962 n°68 p. 347-350.
- 248 - R.L. GALL et D.R. JOHNSON - The generation of available potential  
energy by sensible heating : a case study. Tel,  
vol. 23, 1971, n°6, p. 465-482.
- 249 - A. GAMERO - Sobre el calculo del numero de horas anuales con  
temperaturas inferiores a 7°C - Bol. Inst. Nac.  
Invest. Agron. - 30 n°62 p. 99-102

- 250 - L. GARCIA de PEDRAZA - Fenologia - Bol. Mens. Clim. fev. 1963  
p. 3-9
- 251 - L. GARCIA de PEDRAZA - Meteorología de las montañas. Bol. Mens.  
Clim. Juin 1963 p. 3-7.
- 252 - L. GARCIA de PEDRAZA - A proposito de las nieblas. Bol. Mens.  
Clim. jv 1963 p. 3-7
- 253 - L. GARCIA de PEDRAZA - La pression atmosferica - Bol. Mens. Clim.  
oct 1963 p. 2-7
- 254 - M.S. GARCIA MEDANA et J. GARMENDIA IRAUNDEGUI - Percistencia de  
los dias con y sin precipitacion en  
Salamanca - Rev. Geog. n°110-111 avril sept  
1969 p. 339-378
- 255 - P. GARENC - Contribution à l'étude du climat entre Loire Inférieure  
et Gironde - Memorial Météo Nat. Paris  
n°44 1957 197p.
- 256 - J. GARMENDIA IRAUNDEGUI - Datos y notas sobre el clima de Matabacan  
(Salamanca) SMN. Madrid. Pub série A n°29  
1957 47p.
- 257 - H. GAUSSEN - Détermination des climats par la méthode des courbes  
ombrothermiques. Compte rendu Académie des  
Sciences t240 1955 p. 642-644
- 258 - H. GAUSSEN - Les courbes ombrothermiques. Inf Geo. nov dec. 1956
- 259 - H. GAUSSEN - Les ensembles écologiques de la Péninsule hispanique.  
Publicaciones del Instituto de Biologia  
Aplicada XXVI Barcelona, 1957 p. 9-17.
- 260 - H. GAUSSEN - La carte de la pluviosité de l'Espagne. Mélanges  
géographiques à D. Faucher - Toulouse 1958  
TI p. 251-258
- 261 - H. GAUSSEN et F. BAGNOULS - Les climats biologiques et leur  
classification. An. de Geo 1957 p. 193-220
- 262 - M. GEB - Synoptische Statistische Untersuchungen zur Einleitung  
blockierender hochdrucklagen über dem  
Nordostatlantik und Europa. Inst. Met.  
Geophys. Freien. Univers. Berlin 69, 1966,  
n°1, 89p.
- 263 - R. GEIGER - Topoclimates - in world survey of climatology vol.2  
(ed. H. Flohn) Elsevier 1969 p. 105-138
- 264 - P. GEORGE - Les méthodes de la géographie - Que sais-je ?  
n°1398 - Paris 1970 - 126p.
- 265 - A. GIAO - Climatologie Dynamique de la Péninsule Ibérique - Inst.  
Gulbenkian de Ciencia - Lisb. 1966 vol. 4  
p. 127-207.



- 265b - N. GERBIER et M. BERENGER - Etudes expérimentales des ondes dues au relief - Monographies de la Météo Nationale n° 20 - 1960 - 137p.
- 266 - B. GILCHRIST - The seasonal phase changes of thermally produced perturbations in the Westerlies. Proceedings of the Toronto Meteorological conference 1953, p. 129-131.
- 267 - P.A. GILMAN - On the mean meridional circulation in the presence of a steady state, symmetric, circumpolar vortex. Tel. XVI, 1964, n°2, p. 160-167.
- 268 - A.A. GIRS - Investigation of the general circulation de l'atmosphère ISG. n°4, 1955, p. 16-28.
- 269 - A.A. GIRS - (en russe) Méthode utilisant la circulation à grande échelle pour les prévisions météorologiques à longues échéances. Léninegrad 1974, 488p.
- 270 - N. GODEV - On the cyclogenetic nature of the earth's orographic form. Arch. Met. Geophys. Bioklimat. 19, 1970, n°3, p. 299-310.
- 271 - N. GODEV - Anticyclonic activity over south Europe and its relation ship to orography. J. Ap. Met. 10, 1971, p. 1097-1102
- 272 - C.L. GODSKE, T. BERGERON, J. BJERKNES et R.C. BUNDGOARD - Dynamic meteorology and weather forecasting. Carnegie institution of Washington. Baltimore Maryland U.S.A. 1957, 800p.
- 273 - C.L. GODSKE - A statistical approach to climatology - Arch. Met. Geophys. Bioklimat. B. 14 n°1966 - p. 269-279.
- 274 - F. GONZALEZ BERNAL, R. ROMAN ALBA et M.C. SEMPERE - Analyse factorielle de données climatologiques - La Météo 5° série n°7, jv sept. 1968, p. 251-269.
- 275 - P.M. GONZALEZ QUIJANO - Mapa pluviométrica de España. Consejo Sup. de Investigaciones científicas - Madrid 1946 - 574p. Cartes h. t.
- 276 - W. GORCZYNSKI - Sur le calcul du degré du continentalisme et son application dans la climatologie. Geo. Annaler 2, 1920 - p. 324-331.
- 277 - A.H. GORDON - Elements of dynamic Meteorology. Univ. Pres. Londres 1962, 217p.
- 278 - R. GRAPPE - Contribution à l'étude de la prévision à moyenne et longue échéance - Memorial Meteo Nat. Paris n°38 fev. 1969, 23p.
- 279 - S. GREGORY - On the delimitation of regional patterns of recent climatic fluctuations - Weat. 30 sept. 1975 p. 276-287.
- 280 - H. GRISOLLET, B. GUILMET et R. ARLERY - Climatologie. Méthodes et pratiques - Gauthier - Villars - Paris 1962, p. 401.



- 281 - H.U. GROENING - Tropische zyklonen un südöstlichen Nordatlantik.  
Der Seewarte V. 29, 1968, n°5, p. 177-188.
- 282 - A. GROSREY - Périodes sèches et périodes humides. La Météo n°61  
jv mars 1961, p. 71-77.
- 283 - A. GROSREY - Relation entre la hauteur moyenne des précipitations  
et la distance à la mer - La Météo 5° série n°30  
av. 1974 p. 31-52.
- 284 - A. GUERRA TENREIRO - Região demarcado do Douro - Subsidios para  
o estudo da sua climatologia - Bol. Cent. Est. Geo.  
1955 n°10-11 p. 69-82.
- 285 - A. GUILCHER - Sur deux caractères du climat océanique tempéré. Cah.  
de l'Inf. Geo n°2 - Climatologie 1953 p. 52-57.
- 286 - A. GUILCHER - Précis d'hydrologie marine et continentale. Paris,  
Masson, 1965, p. 390.
- 287 - A. GUILCHER et J. BEAUJEU-GARNIER - L'Europe du N et du N.O. - T.I  
Généralités P.U.F. Orbis Paris 1958 - 258p.
- 288 - B. GUILMET - Intensité des fortes précipitations en fonction de  
leur durée - La Météo n°64 - Déc oct. 1961 p. 393-404.
- 289 - M. GUINOCHET - Phytosociologie - Masson. Paris - 1973 - 227p.
- 290 - F.K. HARE - The dynamic aspects of climatology - Geo. An. 1957 n°2-3  
p. 87-104.
- 291 - F.K. HARE - The stratosphere. Geog. Rev. LII, oct. 1962, p. 525-547.
- 292 - T.W. HARROLD et K.A. BROWNING - The polar low as a baroclinic  
disturbance. Q.J.R.Met. Soc. 95, 1969; p. 710-723.
- 293 - S.L. HASTENRATH - A study of the atmospheric circulation between  
equator and 60° N during the winter and summer  
seasons. Pure appl. Geophys. Switz 77, 1969, n°6  
p. 207-226 Bibl.
- 294 - I. HAUPT - Wettersatelliten beobachtungen und ihre Auswertung Das  
Europäische Wetterbild 1966 - Met. Abh 70 n°3 306p.
- 295 - I. HAUPT et B. LINDENDEIN - Wetter satelliten beobachtungen und  
ihre Auswertung Das Europäische Wetterbild 1968  
Met. Abh 98 - 1969.
- 296 - H. HEASTIE et P.M. STEPHENSON - Upper wind over the world. Geophys-  
ical memoirs, n°134, Londres 1960, 217p.
- 297 - M. HENDL - Systematische Klimatologie in Einführung in die physi-  
kalische Klimatologie. Bd.2 Verlag der Wissenschaften  
Berlin 1963, 40p.
- 298 - M. HENDL - Grundgragen der genetischen Klimasystematik - Zeit. Météo  
17 - 1966 n°9 - 12 p. 280-290.

- 299 - S. HENNIN, R. GRAS et G. MONNIER - Le profil cultural. Masson 1969  
2e ed. 332p.
- 300 - R. HERIN et J.P. TRZPIT - La génèse des crues dans le bassin du  
Segura. R.G.P.S.O. 1975, f.I, p. 69-100.
- 301 - P. HESS et H. BREZOWSKY - Katalog der Grosswetterlagen Europas. Ber.  
dtsh. Wetterd. (Offenbach) 15, 1969, (113) 56p.
- 302 - E. HESSINGER - Distribución estacional de las precipitaciones en la  
Peninsula Ibérica y sus causas - Traduction espagnole  
Est. Geogr ficos 1949 p. 59-128.
- 303 - R. HEURTIER - Essai de climatologie touristique synoptique de  
l'Europe Occidentale et Méditerranéenne pendant la  
saison d'été (1  partie) La Météo 5 s rie n 5 -  
jv mars 1968 p. 71-107.
- 304 - R. HEURTIER - idem 2  partie - La Météo 5 s rie n 8 oct déc. 1968  
p. 519-566.
- 305 - F. HIRSCH - Application de l'analyse statistique à l'étude de la  
pluviométrie. Le bassin de la Bruche - La Météo n 81  
jv mars 1966 p. 25-46.
- 306 - P. HLACHOVA et V. VITEK - A simple theoretical interpretation of the  
cloud system in adaying cyclone from the aspect of  
the Boucher-Newcomb model. Stud. Geophys. Geod.  
Tch cols. 10, 1966, n 4, p. 481-483.
- 307 - E.O. HOLOPAINEN - On the role of mean meridional circulations in the  
energy balance of the atmosphere. Tel. vol. XVII  
ao t 1965, n 3 p. 285-293.
- 308 - M. HOPKINS - An approach to the classification of meteorological  
data - J. Ap. Met. 6 - 1967 p. 164-178.
- 309 - L.H. HORN et R.A. BRYSON - Harmonic analysis of the annual march of  
precipitation over the United States. Ann. Ass. Amer.  
Geog. 50, 1960, p. 157-171.
- 310 - B.J. HOSKINS - Atmospheric frontogenesis models some solutions.  
Q.J.R.M.Soc. avril 1971 p. 139-153.
- 311 - J. M. HOUSTON - The western mediterranean world - Londres Longmans  
1967, 800p.
- 312 - E. HOVMOLLER - The trough-and-ridge diagram. Tel. 1949, p. 62-66.
- 313 - Y.P. HSIEH - An investigation of a selected cold vortex over North  
America. J. Met. 1949, n 6, p. 401-410.
- 314 - Y. HSUEH et J.J. O'BRIEN - Steady coastal upwelling induced by an  
alongshore current. J. Phys. Oceanogr. U.S.A. I 1971  
n 3 p. 180-186.
- 315 - W.E. HUBERT - A case study of variations in structure and circulation  
a hort westerly jet streams over Europe. Tel. vol. V  
1953 n 3 p. 359-372.



- 316 - A. HUETZ DE LEMPS - Vignobles et vins du N.O. de l'Espagne - Thèse Bordeaux T.I 1967 505p.
- 317 - A. HUETZ DE LEMPS - Le climat des Iles Canaries - SEDES - Paris 1969 226p.
- 317b - A. HUETZ DE LEMPS - La végétation de la terre. Masson Paris 1970 143p.
- 318 - A. HUFTY - Les types de temps dans le Québec méridional - Cahiers de Géographie p. 29-62.
- 319 - A. HUFTY - Méthode descriptive des types de temps. In Adams, W.P. and Helleiner, F.M. (eds) International Geography 1972, vol.2 Univ. Toronto p. 236-238.
- 320 - A. HUFTY - Gradients verticaux de température et combinaison des éléments du temps. An. de Geo. n°485 sept-oct. 1975.
- 321 - P. HUERTA - Bibliografía Meteorológica Española - Inst. Nac. de Méteo - Madrid 1975 2°ed. 295p.
- 322 - F. INIGUEZ - Las lluvias en nuestra península - An. del Obs. astrano de Madrid 1909 p. 191-225. La temperatura en la Península Iberica - An. del obs. astrano de Madrid 1910.
- 323 - W.C. JACOBS - Synoptic climatology. Bul. Ameri. Met. Soc. 27 1946 p. 306-311.
- 324 - R.W. JAMES - Elementary air mass analysis. Met. Rund. 22, 1969, p. 75-79.
- 325 - R.W. JAMES - Air mass climatology. Met. Rund. 23, 1970, p. 65-70.
- 326 - A. JANSÁ CLAR - Investigación del máximo pluviométrico de España peninsular. Rev. Geog. XXX n°3-4, 1971, p. 173-249.
- 327 - A. JANSÁ CLAR - Ciclogénesis aspectos físicos y sinópticos. Rev. Geof. vol. XXXIII, 1974, n°12, p. 103-137.
- 328 - J.M. JANSÁ GUARDIOLA - La ecuación del viento térmico y la corriente de Chorro. Rev. Geog. n°59, 1956, p. 323-344.
- 329 - J.M. JANSÁ GUARDIOLA - La masa del aire mediterránea. Rev. Geog. n°69, 1959, p. 35-50.
- 330 - J.M. JANSÁ GUARDIOLA - Choques de presión en las irrupciones frías. Rev. Geog. n°75, 1960, p. 269-284.
- 331 - J.M. JANSÁ GUARDIOLA - El frente mediterráneo. Rev. Geog. n°83, 1962 p. 249-259.
- 332 - J.M. JANSÁ GUARDIOLA - La dinámica aparente de la meteorología sinóptica. SMN Madrid Pub Série A n°19, 1966, 28p.
- 333 - J.M. JANSÁ GUARDIOLA - Curso de climatología. SMN Pub B n°19, Madrid 1969, p. 445.
- 334 - H. JEFFREYS - On the dynamics of geostrophic winds. Q.J.R.M.Soc. 1926, 52, p. 85-104.



- 335 - JEN HUANG - Atmospheric circulation systems and climates - Honolulu  
1972 - 328p.
- 335b- D.H. JOHNSON - The role of the tropics. In the global circulationed  
Corby. Londres 1970, p. 113-136.
- 336 - F. del JUNCO REYES - Las tormentas en España durante 1945 - An. del  
observ. Central Meteorológica Madrid 1947, T.III  
p. 49-135.
- 337 - F. del JUNCO REYES - El regimen anual de lluvias en la Peninsula  
Iberica - Cal. Météo Fenol. 1946, p. 121-127.
- 338 - R.A. KALNICKY - Climatic change since 1950. An. Ass. Amer. Geog.  
v. 64 mars 1974 n°1, p. 100-112.
- 339 - S.K. KAO et G.R. FARR - Turbulent kinetic energy in relation to jet  
streams cyclone tracks and ocean currents. J. Geophys.  
Res. U.S.A. 71, n°18, p; 4289-4296.
- 340 - S.K. KAO et J.F. SAGENDORF - The large scale meridional transport  
of sensible heat in wavenumber frequency space.  
Tel. XXII, 1970, n°2, p. 172-185.
- 341 - S.K. KAO et A.H. SIZOO - Analysis of clear air turbulence near the  
jet stream. J. Geophys. Res. U.S.A. 1966, 71, n°16  
p. 3799-3805.
- 342 - J. KERBE - Le climat des Pyrénées Centrales - Thèse 3° cycle  
Bordeaux 1974, 286p.
- 343 - J.K. KIDSON The Observations and studies of the general circu-  
lation of the tropics. Q.J.R.M.Soc. Avril 1969  
p. 258-265.
- 344 - T.H. KIRK - Some aspects of the theory of fronts and frontal ana-  
lysis. Q.J.R.M.Soc. 92, 1966, p. 374-381.
- 345 - H.D. KIRCH - Ein Beitrag zur synoptischen ozeanographie des Nord-  
atlantischen ozeans. Met. Abh. v. 60, 1965, n°2  
44p.
- 346 - H. KIRSTEN - Ein Beitrag zur synoptischen klimatologie von Star-  
kniederschlägen in Thüringen. Zeit. Met. 14, 1960,  
p. 286-296.
- 347 - W.H. KLEIN - Principal tracks and mean frequencies of cyclones and  
anticyclones in the northern hemisphere. Research  
Paper n°40, 1957. Washington, D.C. : U.S. Weather  
Bureau, 22p.
- 348 - W.H. KLEIN - The frequency of cyclones and anticyclones in relation  
to the mean circulation. J. of Met. 15, 1958,  
p. 98-102.
- 349 - W.H. KLEIN - Specification of precipitation from the 700 mb cir-  
culation. Mon. Wea. Rev. 91, 1963, p. 527-536.
- 350 - E. KLEINSCHMIDT et G.M. PETER - Das feld der potentiellen Vorticity  
während einer zyclonenentwicklung. Beitr. Phys. Atm.  
Dtsch 42, 1969, n°1 p. 67-78.

- 351 - M. KONCEK et F. REIN - Catalogue des types de temps pour l'Europe Centrale. Acta fac. Rerum nat. Univ. comenianae. Meteorol. Tciosl. 1971, n°4, p. 1-33.
- 352 - W. KÖPPEN - Die Zugstrassen der barometrischen Minima in Europa und auf dem nordatlantischen Ozean und ihr Einfluss auf Wind und Wetter bie uns. Mitt. Geogr. Ges. Hambourg 1880, p. 76-97.
- 353 - W. KÖPPEN - Klassifikation der klimate, nach temperatur, Niederschlag, und Jahreslauf, Peter. Mit. 1918, p. 193-203 and p. 243-248.
- 354 - W. KÖPPEN - Climatologia - version espagnole de Grundriss der Klimakunde (2<sup>e</sup>ed. 1931) - Mexico 1948, 478p.
- 355 - J. KOSSOWSKI - Frequency of occurrence of the principal weather types over Poland. Przegląd Geofiz (Warsaw) 13, 1968 p. 283-292.
- 356 - E.B. KRAUS - Atmosphere-ocean interaction. Oxford Univ. Press. 1972 275p.
- 357 - W. KRESS - Statistische Untersuchungen des Jet Stream über Europa und über dem Ostatlantik. Arch. Met. Geophys. Bioklimat. 16, 1967, n°4, p. 301-313.
- 358 - T.N. KRISHNA MURTI - The subtropical jet stream of winter. J. of Met. vol. 18, avril 1961, p. 172-191.
- 359 - A.F. KRUEGER et T.I. JR GRAY - Long-term variations in equatorial circulation and rainfall. Mont. Weat. Rev. 97, 1969, n°10, p. 700-711.
- 360 - W.L. KUBIENA - Kurze-Übersicht über die wichtigsten Formen der Bodenbildung in Spanien. In die Pflanzenwelt in Spaniens - Veröffentlichungen des geobotanischer. Inst. Rübel in Zurich - Verlag Hans Huber Bern 1956 p. 23-31.
- 361 - J. LACAZE - Contradiction à la théorie du courant de base dans la circulation atmosphérique générale. La Météo, Jan-Mars 1967, n°17, p. 133-150.
- 362 - H. LACOMBE - Cours dynamique des mers. Paris Serv. Cent. d'hydrographie, édit. 1960, 524p.
- 363 - M. LAINZ - Aportaciones al conocimiento de la flora cantabro asturiano - Colectanea Botanica - fasc.III 1958, p. 671-696.
- 364 - F. LAIRACHI - Etude comparée des climats du littoral méditerranéen du Maroc et de la région d'Almeria en Espagne - Mem. de maîtrise Rennes 1969, 95p.



- 365 - H.H. LAMB - The changing climate - Methuen Londres 1968 2° ed. 236p.
- 366 - H.H. LAMB - Climate : present, past and future. V. I, Fundamentals and climate now. Methuen Londres 1972, 613p.
- 367 - H.H. LAMB - British Isles weather types and a register of the daily sequence of circulation patterns, 1861-1971. Geophys. Mem. Londres 1972, 16, 85p.
- 368 - H.H. LAMB et A.I. JOHNSON - Climatic variation and observed changes in the general circulation. I and II. Geogr. Annal. 41, 1959, p. 94-134.
- 369 - H.H. LAMB et A.I. JOHNSON - Climatic variation and observed changes in the general circulation. III. Geogr. Annal. 43 1961, p. 363-400.
- 370 - H.H. LAMB et A. WOODROFFE - Sur la circulation atmosphérique pendant la dernière période glaciaire. Rev. Geogr. Phys, géol. dynam. Fr 12, 1970, n°2 105107 bibl. (1 réf.)
- 371 - P. LARDSON - Albedo over Artic surfaces. Geog. Rev. oct. 1963 p. 672.
- 372 - H. LAUTENSACH - Die Niederchlagshöhen auf der Iberischen Halbinsel Pet. Mitt. 95, 1951, p. 145-160.
- 373 - H. LAUTENSACH - Der Rhythmus der Jahreszeiten auf der Iberischen Halbinsel - Geogr. Rund. 7, 1955, p. 1-12 - Version espagnole El ritmo de las estaciones en la Peninsula Iberica. Est. Geogr. 17, 1956, p. 443-460.
- 374 - H. LAUTENSACH - O revestimento vegetal de Portugal na mudanca das estacoes do ano. Bol. Cent. Est. Geo. 1947 n°14-15.
- 375 - H. LAUTENSACH - Die Temperaturverhältnisse der Iberischen Halbinsel. Die Erde, 91 - 1960 n°2, p. 86-114.
- 376 - H. LAUTENSACH - Iberische Halbinsel - München 1964, 700p et atlas thématique 49 cartes.
- 377 - H. LAUTENSACH - Geografía de España y Portugal. Barcelone 1967 815p (traduction espagnole de l'ouvrage précédent)
- 378 - H. LAUTENSACH et E. MAYER - Humidität Aridität insbesondere auf der Iberischen Halbinseln. Pet. Mit. vol. 40, 1960, n°4 p. 249-270.
- 379 - J. LE BAIL - Les températures dans le Portugal septentrional. Mem. de maîtrise - Rennes 1971, ronéot. 103p.
- 380 - C. LEFEVRE - L'étalement de nuages d'instabilité sous une inversion de température. La Météo oct. 1962, n°68, p. 351-353.
- 381 - R. LEGALL - Types de temps dans le S.O. de la France. La Météo Paris 1934, p. 307-408.



- 382 - P. LEGRIS et F. BLASCO - Variabilité des facteurs du climat : cas des montagnes du S. de l'Inde et de Ceylan. Institut français de Pondichéry - T. VIII, 1971, 96p.
- 383 - F. LEIPPER - The sharp smog bank and California fog development. Bul. Amer. Met. Soc. 1968, 49, n°4, p. 354-358.
- 384 - G. LEMEE - Précis de Biogéographie - Masson Paris 1967, 358p.
- 385 - L. LEPAGNOT - Quelques aspects récents de la pluviométrie dans le pays de la moyenne Garonne. RGPSO n°38 mars 1967 fasc. 1, p. 29-46.
- 386 - J. LEPAS et G. ROCHE - Cours de météorologie générale. Ecole de la Météo Paris 1965, 2 T. ronéotypés.
- 387 - M. LEROUX - La circulation générale de l'atmosphère et les oscillations climatiques tropicales - Travaux de la RCP CNRS n°296 - Centre de Recherches de climatologie Un. de Dijon 1975, 16p.
- 388 - E. LE ROY LADURIE - L'histoire du climat depuis l'an mil. Paris - Flammarion 1967, 379p.
- 389 - G.H. LILJEQVIST - Allgemeine Meteorologie - Vienne 1974, traduction de "Meteorologie" Stockholm 1962, 368p.
- 390 - A. LINES ESCARDO - Notas acerca de las temporales que afectaron a la Peninsula Ibérica....Rev. Geof. de n°58, 1956 à 92 1964.
- 391 - A. LINES ESCARDO - Singularidades en el curso anual de los fenomenos atmosféricos de España. Rev. Geofis. ano 18, 1959, p. 29-33.
- 392 - A. LINES ESCARDO - The climate of the Iberian Peninsula - in col. world survey of climatology. vol. V Elsevier 1970 p. 195-239.
- 393 - A. LINES ESCARDO - Situaciones del Norte seguidas de notable instabilidad. Rev. Geof. Vol. XXXIII n°3-4, 1974, p. 219-224.
- 394 - J.K. LITYNSKI - Classification numérique des types de circulation et des types de temps en Pologne. Cah. Geogr. Quebec 1970, p. 329-38.
- 395 - J.K. LITYNSKI - Classification des types de circulation et des types de temps pour le Québec (période 1963-9). In Adams, W.P. and Helleiner, F.M. (eds.) International Geography, vol. 2, 1972, Univ. of Toronto p. 1352-1354.

- 396 - L. LLIBOUTRY - Traité de glaciologie - T. II Glaciers - Variations du climat - Sols gelés Masson Paris 1965, 104Op.
- 397 - J.C. LOCKWOOD - World climatology. An environmental approach. E. Arnold - Londres 1974 - 33Op.
- 398 - ROBERT R. LONG - Solitary waves in the Westerlies. J. of Met. Vol.21 mars 1964, n°2, p. 197-200.
- 399 - V.F. LOGINOV - En russe (Fluctuations au cours de longues périodes annuelles de la circulation atmosphérique et leur relation avec l'activité solaire). Vest. Leningrad Univ. 21, 1966, n°12, p. 115-118 rés. angl.
- 400 - J. LOPEZ GOMEZ et A. LOPEZ GOMEZ - El clima de España Según la clasificación de Köppen; Est. Geogr. XX mai 1959 n°75, p. 167-188.
- 401 - J.M. LORENTE - Climas españoles. Rev. de Geof.V april-june 1946 (18) : p. 204-231.
- 402 - J.M. LORENTE - La clasificación de los climas según Thornthwaite aplicada España - Las ciencias 1947, p. 772-781.
- 403 - J.M. LORENTE - Las problemas de la pluviometría en España. Rev. Geof. XIX n°74, p. 171-181.
- 404 - J.M. LORENTE - Meteorología - Madrid 1961, 4°ed. 286p.
- 405 - J.M. LORENTE - La variabilidad de los precipitaciones atmosféricas sobre España Peninsular durante los años 1947-48 à 1960-61 - Rev. Geof. XX, jv. 1961 n°79, p. 229-245.
- 406 - E.N. LORENZ - The interaction between a mean flow and random disturbances. Tel. 5, 1953, n°3, p. 238-250.
- 407 - E.N. LORENZ - Available potential energy and the maintenance of the general circulation. Tel. 7, 1955, n°2, p. 157-167.
- 408 - E.N. LORENZ - The nature and theory of the general circulation of the atmosphere. Genève WMO. 1967, n°218, T.P. 115 161p.
- 409 - E.N. LORENZ - La circulation générale de l'atmosphère. Nature et théorie. Bul. de l'OMM, avril 1970, vol. 16, n°2 p. 87-91.
- 410 - E.N. LORENZ - The nature of the global circulation of the atmosphere a present view. In the global circulation of the atmosphere. Ed. A. CORBY. Londres R.M. Soc. 1970 p. 3-23.
- 411 - F.H. LUDLAM - The cyclone problem : a history of models of the cyclonic storm. Inaugural lecture, Imperial Coll. Sci. Technol. London 1966, p. 19-49.

- 412 - I.A. LUND - Map Pattern Classification by Statistical method. J. of Appl. Météo vol.2, Feb. 1963, p. 56-65.
- 413 - I.T. LYALL - Early warm spells since 1957. Weat. rev., 1971, p. 46-54.
- 414 - P.E. LYDOLPH - Federov's complex method in climatology. Ann. Assoc. Amer. Geogr. 49, 1959, p. 120-144.
- 415 - N.J. MAC DONALD et H.M. FRAZIER - A note on the seasonal variation of the flux of angular momentum by the transient and standing eddies in the northern hemisphere. Tel. vol. 21, 1962, n°5, p. 656-667.
- 416 - D.P. MAC INTYRE - The canadian three-front, three-jet stream model. Geophysica Helsinki 6, 1958, n°3-4, p. 309-324.
- 417 - H.J. MAC LELLAN - Elements of physical oceanography. Pergamon Press. 1968, 151p.
- 418 - J.A. MADEIRA - As praias da rocha e do Estoril em confronto climatológico. Bol. Soc. Geogr. Lisbonne 70, 1952, p. 99-125.
- 419 - F. MADELAIN - Etude hydrologique au large de la Péninsule Ibérique. Cahiers océanographiques. Paris 1967, n°2, p. 125-136 ; n°3, p. 181-193.
- 420 - F. MADELAIN - Calculs dynamiques au large de la Péninsule Ibérique. Cah. Océanogr. Fr. 1967, 19, n°3, p. 181-93, 13 pl.h.t.
- 421 - H. MALBERG - Der Einfluss der Gebirge auf die Luft drückverteilung an Erdboden Inst. Meteorol. Geophys. freien. Univ. Berlin meteorol. Abh. 1967, 71, n°2, p. 1-66.
- 422 - H. MALBERG - Untersuchungen über die synoptische-geographische Verteilung von troposphärischen Kalt-und Warmlufte inbrüchen sowie der damit verbundenen Bodendruckänderungen auf der Nordhalbkugel. Inst. Meteorol. Geophys. freien. Univ. Berlin meteorol. Abh. 86 1968, n°4, p. 120.
- 423 - J. MARCHINI - Les hausses de la température à Grenoble pendant le semestre froid et l'effet de Foehn Congrès de Météo Alpine Grenoble 1968 - La Météo 5° série n°10-11, 1969, p. 165-181.
- 424 - H. MARKGRAF - On humidity over the sea. Mar. Observer. G.B. 36 1966, n°214, p. 200-2.
- 425 - M. MARTINOV - En Bulgare - (Circulation des cyclones au-dessus de la péninsule balkanique et la Méditerranée et leur relation avec le champ barique en altitude). Khidrol. i. Meteorol. Balg, 1968, n°5, 1m-22, bibl, rés.russe. angl.



- 426 - E. de Martonne - *Traité de Géographie Physique* - A. COLIN Paris 1948, T. I, p. 496.
- 427 - V. MASACHS ALAVEDRA - *El regimen de los ríos peninsulares*. Consejo Sup. Inv. Cient. Inst. Geol. "Lucas Mallada". Barcelone 1948, 511p.
- 428 - V. MASACHS ALAVEDRA - *El clima Las aguas in geografía de España y Portugal*. Col Terán T. II, Barcelone 1954, p. 9-142.
- 429 - B.J. MASON - *Future developments in meteorology ; an outlook to the year 2000*. Q.J.R.M.Soc. 96, juillet 1970, p. 349-368.
- 430 - P. MATEO GONZALEZ - *El clima de Gigón* - Min. del Aire - Madrid 1955, publ. série A n°25, 78p.
- 431 - P. MATEO GONZALEZ - *Pluviometría de Asturias* - Min. del Aire, Madrid 1956, publ. série A n°28, 83p.
- 432 - P. MATEO GONZALEZ - *Termometría de Asturias* - Min. del Aire - Madrid 1959, publ. série A n°31, 122p.
- 433 - P. MATEO GONZALEZ - *Distribución de las frecuencias de las cantidades de precipitación en el Norte de España* - Min. del Aire - Madrid 1965, publ. série A n°39, 60p.
- 434 - P. MATEO GONZALEZ - *Persistencia de los deas con precipitación y sin precipitación en Gijón*. - Min. del Aire - Madrid 1965, publ. sérieA n°40, 27p.
- 435 - J.R. MATHER - *Climatology. Fundamentals and applications*. M. Graw Hell 1974, 412p.
- 436 - R.P. MATTHEWS - *Variation of precipitation intensity with synoptic type over the Midlands*. Weat. fev. 1972, p. 63-72.
- 437 - M. MEDINA - *Remolinos en la atmósfera. Efecto magnus y maximos de viento*. Rev. Geof. Jt-sept. 1959, n°71, p. 243-267.
- 438 - M. MEDINA - *Los frentes activos, chorros de viento termico*. Rev. Geof. XIX, oct. 1960, p. 395-418.
- 439 - M. MEDINA - *Iniciación a la meteorología*. 3 ex. Madrid 1973, 248p.
- 440 - M. MEDINA - *Meteorología del Cantábrico*. Rev. Meteo Man. 1974 n°18 p. 8-15.
- 441 - A. MELON - *Clima y agricultura en España*. Ciencias 1966 - 31 n°1 p. 33-37.
- 442 - M. MENDIZABAL - *Les problèmes des zones arides en Espagne*. Zone aride n°5 Paris UNESCO 1959, p. 9-13.
- 443 - MENER-HOMJI - *Les bioclimats du subcontinent Indien et leurs types analogues dans le monde*. Documents pour les cartes de productions végétales T 14 vol. I, Toulouse 1963 386p.

- 444 - J. MERTZ - Essai de classification des types de temps sur les Alpes d'après la disposition des isohyptes à 500 mb. Météo-  
rologie ser. 4, 1957, n°4546, p. 305-315.
- 445 - METEOROLOGICAL OFFICE - Weather in the Mediterranean, vol. I : General  
meteorology. 2 nd ed. M.O. 391, 1962, London : H.M.S.O.  
352p.
- 446 - M. MEZIN - Evolution des types de temps en Europe occidentale. Congrès  
de la victoire, vol. 2, 1945, Paris : A.F.A.S.  
p. 171-83.
- 447 - A. MEYNIER - Histoire de la pensée géographique en France. PUF Col.  
Sup. Paris 1969, 224p.
- 448 - MICHALACZEWSKI - Caracteristicas das massas de ar em Portugal conti-  
nental. Mem. Serv. Meteo Nac. Lisbonne n°35, 1954,  
12p.
- 449 - J.Y. MICHEL - Le climat littoral de la province de Santander : les  
précipitations. DES compl. Rennes 54p. 1965
- 450 - J.E. MILLER - Cyclogenesis in the Atlantic Coastal region of the  
United States. J. of Météo vol. 3, juin 1946, n°2  
p. 31-44.
- 451 - Y. MINTZ - The observed zonal circulation of the atmosphere. Bul.  
Met. Soc. 95, 1954, n°5, p. 208-214.
- 452 - P. MIGUEL - Contribution à l'étude du climat vendéen. Thèse 3°cycle  
Un. Poitiers 1974, Roneot. p. 517 + atlas.
- 453 - V. MIRONOVITCH - Variabilité des moyennes de pression au Nord. La  
Météo. mars 1955, n°37, p. 11-17.
- 454 - P. MONTSERRAT - RECODER - El clima subcantábrico en el Pirineo occi-  
dental español in IV° Cong. Intern. Et. pyrénéennes  
Pau et Lourdes 1962, p. 24-26.
- 455 - F. MORAND - Premières recherches mésologiques en Laonnais. BAGF  
mars avril 1971, p. 125-142.
- 456 - J. MOUNIER - La saison pluviométrique indigente dans les régions  
océaniques du S.O. de l'Europe. Nor. Jt-Sept. 1964  
n°43, p. 261-282.
- 457 - J. MOUNIER - Contribution à l'étude du vent sur le littoral nord de  
la Bretagne. Ann. de l'Institut d'Hydrologie T. XXXIV  
n°94-95, p. 47-59.
- 458 - J. MOUNIER - Le climat de la Thrace turque. Dans rapport sur un  
programme de développement économique et social de la  
Thrace orientale (Turquie) présenté à l'O.C.D.E. 1965  
Tome I, p. 42-63.
- 458b - J. MOUNIER - Les besoins en eau d'une région d'après Thornthwaite. Nor.  
n°48 oct.déc 1965, p. 437-448.



- 459 - J. MOUNIER - Les crues sur le versant septentrional cantabrique espagnol. Mélanges Pardé. OPHRYS, Gap 1968, p. 445-454.
- 460 - J. MOLNIER - Le climat de la Bretagne. Atlas de la Bretagne. Déc. 1975, pl. 7-8.
- 461 - J. MOUNIER - Le climat armoricain. In Flore et Végétation du Massif armoricain. dir. Henry des Abbayes vol. 2 (en préparation)
- 462 - B. MUNOZ de la PEÑA et J. GARMENDIA IRAUNDEGUI - Températures medias normales de la Provincia de Salamanca. Rev. Geog. n°99-100, 1966, p. 205-214.
- 463 - R. MURRAY - Some features of the large scale circulation anomalies and the weather over the British Isles in autumn 1965, Met. Mag. 95, août 1966, p. 225-236.
- 464 - R. MURRAY - A note on the large-scale features of the 1962/63 winter Meteorol. Mag. G.B. 95, 1966, n°1132, p. 339-348.
- 465 - R. MURRAY et R.P.W. LEWIS - Some aspects of the synoptic climatology of the British Isles as measured by simple indices. Met. Mag. 95, oct. 1966, p. 193-203.
- 465b - R. MUSSET - La Bretagne. A. Colin 1948 - 216p.
- 466 - J. NAMIAS - The Index cycle and its role in the general circulation. J. of Met. 17, 1950, p. 130-139.
- 467 - J. NAMIAS - Persistence of Mid. Tropospheric Circulation between adjacent months and seasons. Rossby memorial vol, 1959, p. 240-248.
- 468 - J. NAMIAS - Interactions of circulation and weather between hemispheres. Mont. Weat. Rev. vol. 91, oct-déc. 1963 n°10-12, p. 482-486.
- 469 - J. NAMIAS - Seasonal persistence and recurrence of European blocking during 1958-60, Tel. 1964, n°3, p. 394-407.
- 470 - J. NAMIAS - Nature and possible causes of the northeastern United States drought during 1962-1965. Mont. Weat. Rev. 94, 1966, n°9, p. 543-554.
- 471 - J. NAMIAS et P.E. CLAPP - Studies of the motion and development of long waves in the westerlies. J. of Met. 1944, n°1 p. 57-77
- 472 - J. NAMIAS et P.E. CLAPP - Observational studies of general circulation patterns. In comp. of Met. 1951, p. 551-567.



- 473 - J. NAMIAS et A.J. WAGNER - Warm continental anticyclone with peripheral moist tongues. A recent exemple illustrated by satellite photographs. Mont. Weat. Rev. 99, 1971 n°2, p. 162-164.
- 474 - H. NEUMANN - El clima del sudeste de España. Est. Geogr. n°79, mai 1960, p. 171.
- 475 - R.E. NEWELL, J.W. KIDSON et D.G. VINCENT - Annual and biennial modulations in the tropical Hadley cell circulation. Nat. 222, 1969, n°5188, p. 76-8 bibl.
- 476 - R.E. NEWELL, D.G. VINCENT, T.G. DOPPLICK, D. FERRUZA et J.W. KIDSON - The Energy Balance. In the global circulation, ed. CORBY, R.M.S. Londres 1970, p. 42-90.
- 477 - E.V. NEWNHAM - Classification of synoptic charts for the North Atlantic for 1896-1910, Geophys. Mem. 1925, Londres 4, p. 181-200.
- 478 - C.W. NEWTON - The role of extratropical disturbances in the global atmosphere. In the global circulation of the atmosphere, ed. CORBY, RMS Londres 1970, p. 137-158.
- 479 - C.W. NEWTON et Y. OMOTO - Energy distribution near jet stream and associated wave-amplitude relations. Tel. XXVII nov. 1965, n°4, p. 449-462.
- 480 - C.W. NEWTON et E. PALMEN - Kinematic and thermal properties of a large-amplitude wave in the westerlies. Tel. XV 1963, p. 99-119.
- 481 - C.W. NEWTON, N.A. PHILLIPS, J.E. CARSON et D.L. BRADBURY - Structure of shearlines near the tropopause in summer. Tel. Vol. 3, A. 1951, n°3, p. 154-171.
- 482 - J.M. NICHOLLS - The airflow over Mountains. Reocarde 1958-1972 WMO n°355, 1973, 74p.
- 483 - K.R. NIPPES - Die Bedeutung der Monatlichen Abflussschevankungen imter besonderer berücksichtegung Spaniens. Abhandlungen Wiesbaden 1969, p. 139-148, 1 carte couleurs.
- 484 - D. NOIN - Types de temps d'été au Maroc. An. de Geo. dt. fev. 1963 p. 1-12.
- 485 - H. NONN - Les régions côtières de la Galice (Espagne) Thèse. Strasbourg, 1966, 591p.
- 486 - A. NOYALET - Effet d'interférence par rencontre de deux courants de perturbations d'origine différente donnant des précipitations remarquables. La Météo, Jt. sept. 1972 n°23, p. 57-72.

- 487 - F. NUSSBAUM et F. GYGAX - La glaciation Quaternaire dans la Cordillère Cantabrique. Rev. Geo. Pyrénées S.O. XXIII p. 36-48.
- 488 - A. NYBERG et E. SCHMAKE - Eddy flux of heat and momentum during two years at Stockholm - Bromma. Tel. vol. III, mai 1951 n°3, p. 89-99.
- 489 - J.E. OLIVER - A genetic approach to climatic classification. An. As. Amer. Geogr. U.S.A. 60, 1970, n°4, p. 615-637.
- 490 - A.H. OORT - On the energetics of the mean and eddy circulation in the lower stratosphere. Tel. Vol. XVI, août 1964, n°3 p. 307-327.
- 491 - A.H. OORT et E.M. RASMUSSEN - On the annual variation of the monthly mean meridional circulation. Mont. Weat. Rev. U.S.A. 98, 1970, n°6, p. 423-442 (Ip).
- 492 - L. OREDSSON - A case study concerning vertical motion and precipitation at a frontal zone. Tel. vol. XXIV, 1964, n°4 p. 412-421.
- 493 - A. ORIEUX - Les retours d'Est sur la côte d'Azur. (1°). Point de vue synoptique de la question. La Météo Jv. mars 1964 n°73, p. 24-41.
- 494 - P. PAGNEY - Le climat des Antilles - Thèse 1966, T. I, 377p. T.II Atlas.
- 495 - P. PAGNEY - Les climats polaires. - CDU Paris 1970, 93p.
- 496 - P. PAGNEY - La climatologie. Paris Que sais-je ? 1973, 128p.
- 497 - P. PAGNEY - Les climats de la terre - Masson Paris 1976, 151p.
- 498 - P. PAGNEY, A. VULQUIN, F. DURAND DASTES, J. PERARD et D. YACONO - Les précipitations dans la vallée de l'Amazone. Travaux de la RCP - CNRS n°296, Centre de Recherches de climatologie de l'Un. de Dijon, 1975, 10p.
- 498b - P. PAGNEY et CH.P. PEGUY - Climatologie : deux perspectives - Recherches géographiques en France. Montréal 1972, p. 135-144.
- 499 - E. PALMÉN - On the origin and structure of high-level cyclones south of the maximum Westerlies. Tel. vol. I, 1949, n°1 p. 22-31.
- 500 - E. PALMÉN - The role of atmospheric disturbances in the general circulation. Q.J.R.M.Soc. vol. 77, jt 1951, n°333 p. 337-354.
- 500b - E. PALMEN - Aerology of extratropical disturbances. Comp. of Met. 1951 - p. 599-620.
- 501 - E. PALMÉN - On the maintenance of kinetic energy in the atmosphere. In the Rossby memorial volume, 1959, p. 212-224.
- 502 - E. PALMÉN - On the mechanism of flux vertical of heat. Tel. 1965 n°6 p. 838-845.

- 503 - E. PALMÉN et M.A. ALAKA - On the budjet of angular momemtum in the zone between equator and 30° N. Tel. Vol. IV 1952, n°4, p. 324-331.
- 504 - E. PALMÉN et W.C. NEWTON - Atmospheric circulation systems : their structure and physical interpretation. Academic Press, New York et Londres 1969, 603p.
- 505 - E. PALMÉN et L.A. VUORELA - On the mean meridional circulation in the north hemisphere during the winter season. Q.J.R.M.Soc. vol. 89, 1963, n°379, p. 131-138.
- 506 - M. PALOMARES CASADO - Grados de estabilidad dinámica horizontal de corrientes atmosféricas zonales. Rev. Geof. avril-juin 1963, n°86, p. 135-143.
- 507 - J. PAPET-LEPINE et A. VASSY - Production d'ozone atmosphérique par les décharges silencieuses. Ann. Geop. Fr. 25, 1969 n°1, p. 153-155.
- 508 - M. PARDE - Le régime des cours d'eau Ibériques - Pireneos 5, 1949 p. 575-656.
- 509 - R.A. PEARSON - Properties of the sea breeze from as schow by numerical model. J. of the A.S. sept. 1973, p. 1050-1060.
- 510 - P. PEDELABORDE - Un exemple de circulation atmosphérique régionale: la circulation sur l'Europe Occidentale. An. de Géo. Nov-déc. 1953 - p. 401-407.
- 511 - P. PEDELABORDE - La circulation générale de l'atmosphère. Inf. Geo. 1956, p. 103-109.
- 512 - P. PEDELABORDE - Le climat du Bassin Parisien. Thèse Paris. Edit. Genin, 1957, 539p. et atlas 116p.
- 513 - P. PEDELABORDE - Les oscillations climatiques. Inf. Geo. 1957 p. 154-59.
- 514 - P. PEDELABORDE - Les moussons. Paris A. Colin, 1958, 208p.
- 515 - P. PEDELABORDE - Le tourbillon, principe général à la base de la climatologie. An. de Geo. 1958, p. 481-498.
- 516 - P. PEDELABORDE - Circulation atmosphérique sur les Pyrénées françaises. Paris CDU 1959, p. 55.
- 517 - P. PEDELABORDE - Météorologie et climatologie. An. de Geo. Jv-février 1963, p. 84-93.
- 518 - P. PEDELABORDE - Les données de la climatologie. Dans géographie générale, Encyclopédie de la Pléiade. N.R.F. Paris 1966, p. 3-84.



- 519 - P. PEDELABORDE - Remarques sur les variations de volume des précipitations. In Hydrologie, mélanges Pardé Orphrys-Gap 1968, p. 499-504.
- 520 - P. PEDELABORDE - Chronique météorologique et compte-rendu bibliographique. Ann. de Géo Jv-fév. 1967, p. 79-92. mars-avril 1968, p. 203-220. sept. octobre 1970, p. 598-615.
- 521 - P. PEDELABORDE - Les bilans hydriques. Cah. de Geo. de Québec XII° n°25 avril 1968, p. 5-23.
- 522 - P. PEDELABORDE - Introduction à l'étude scientifique du climat. Paris S.E.D.E.S. 1970, 246p.
- 523 - P. PEDELABORDE et H. DELANNOY - Recherches sur les types de temps et le mécanisme des pluies en Algérie. Ann. de Géogr. 67 1958, p. 216-44.
- 524 - CH. P. PEGUY - Schématisation et représentation cartographique des régimes pluviométriques - B.A.G.F. n°338-339, nov-déc. 1965, p. 2-15.
- 525 - CH. P. PEGUY - Notice de base relative aux projets d'expressions cartographiques des climats aux moyennes et grandes échelles - St Martin d'Hères - Grenoble nov. 1967 7p.
- 526 - CH. P. PEGUY - Précis de climatologie - Masson Paris 1970, 2°edit. 468p.
- 527 - CH. P. PEGUY - Notice de la carte climatique détaillée de la France au 1/250 000. Coupure de Gap
- 528 - CH. P. PEGUY - Une carte climatique détaillée au 1/250 000. Zbor. Météo Hidro. Rad. 5, 1974, p. 133-137.
- 529 - CH. P. PEGUY - Une nouvelle expression graphique de la variabilité interannuelle des climats : les "calendriers de probabilités" - B.A.G.F. n°431-432, fév-jv 1976 p. 5-16.
- 530 - CH. P. PEGUY et J. MOUNIER - Une méthode de recherche climatique : l'analyse fréquentielle des précipitations tombées en 24h. An. de Geo - déc. 1968, p. 711-720
- 531 - J.P. PEIKOTO - Pole to pole divergence of water vapor. Tel. XXV 1970, 1, p. 17-25
- 532 - H.L. PENMAN - The role of vegetation in soil water problems. AIHS publ n°82, 1968, p. 49-61.

- 533 - C.M. PENNER - A three-front model for synoptic analysis. Q.J.R.M. Soc. 81, 1955, p. 89-91.
- 534 - J.M. PEREIRA DE OLIVEIRA - Regime dos ventos da Nazare - Bol. Cent. Est. Geo. vol. II, 1960, n°18, p. 1-14.
- 535 - A.H. PERRY - The regional variation of climatological characteristics with synoptic indices. Weat. 23, 1968, p. 325-330.
- 536 - A.H. PERRY - Changes in duration and frequency of synoptic types over the British Isles. Weat. 25, 1970, p. 123-6.
- 537 - J.M. PERTERIA - Variación secular de la lluvia en España - Las ciencias 1954, n°3, p. 593-598.
- 538 - S. PETTERSSEN - Weather analysis and forecasting. 2° edit. Mc. Grawhill 1956, New York - Londres Vol. I : Motion and motion systems, 428p. Vol. II : Weather and weather systems, 266p.
- 539 - S. PETTERSSEN, D.L. BRADBURY et K. PEDERSEN - The Norwegian cyclone models in relation to heat and cold sources. Geo. Publik. (Oslo) Memory of W. Bjerknes 24, 1962, p. 243-80.
- 540 - S. PETTERSSEN et S.J. SMEBYE - On the development of extratropical cyclones. Q.J.R.M.Soc. vol. 97, 1971, n°414, p. 457-482.
- 541 - A. PIAGET - L'utilité des satellites en météorologie - Actes Soc. Nev. Sci. Nat. 145, p. 69-71.
- 542 - A. PICARD - Contribution à l'étude du Südfoehn d'Innsbrück. Mémoires et documents. C.N.R.S. 1964, Paris 1964. T. X fasc. I 116p.
- 543 - A. PICARD, M. JESTIN et G. LE BERRE - Le foehn à Altdorf et à Innsbrück en 1963-64-65. Congrès de météorologie alpine de Grenoble. Jt. 1968. La Météo 5° série n°10-11, 1969, p. 199-218.
- 544 - H. PICHLER - On the theory of cyclogenesis in middle latitudes. Geof. 1973, n°14, p. 7 et 10.
- 545 - H. PICHLER et H. REUTER - Zur frage von Produktion und Reduktion von zyklonaler und antizyklonaler vorticity. Arch. Met. Geophys. Bioklimatol. A. 18 - 1969 - n° 3-4 p. 265-274, bibl.
- 546 - J. PINA MANIQUE E ALBUQUERQUE - Carta ecológica de Portugal - Lisbonne 1954, 58p. 1 c.h;t
- 547 - J. PINA MANIQUE E ALBUQUERQUE - Zones écologiques portugaises. Int. Biol. Ap. Barcelone 1957, p. 19-26.

- 548 - J. PINA MANIQUE E ALBUQUERQUE - Zonagem pluviométrica do Continente Português - Agro Lusct 1957, p. 71-100.
- 549 - J. PINA MANIQUE E ALBUQUERQUE - Zonagem ecologica da Oliveira em Portugal - Bol. da Junta Nacional do Azeite n°51-52 1958, p. 1-8, 1 carte h;t;
- 550 - J. PINA MANIQUE E ALBUQUERQUE - Correlação pluviométrica entre precipitação e frecuencia no littoral da Peninsula. Agro. Lusit. 1960, p. 263-286.
- 551 - J. PINA MANIQUE E ALBUQUERQUE - Divisao regional do Continente Portugues - "Agricultura" n°9, 1961, p. 1-11.
- 552 - P. PINNA - Contributo alla classificazione del clima d'Italia. Rev. Geo. Ital. An LXXVII, 1970, p. 129-152.
- 553 - A. PITA CARPENTER - Clima y vegetación arborea - Aplicaciones à la Peninsula Ibérica. SMN Madrid Pub. série A n°48 1968, 53p.
- 554 - G.W. PLATZMAN - The rossby wave. Q.J.R.M.Soc. G.B. 94, juillet 1968 n°401, p. 225-248.
- 555 - J. PONCET - La "catastrophe" climatique de l'automne 1969 en Tunisie An. de Geo. sept-oct. 1970, p. 581-595.
- 556 - R. PONE - L'analyse des masses d'air à l'aide des températures caractéristiques. Météorologie ser. 4, 1947, n°7 p. 204-215.
- 557 - R. PONE - Observation d'une trombe. La Météo oct. déc. 1958, p. 277-278.
- 558 - E. PONTES DOS SANTOS - Meteorologia - Lisbonne 1965, 199p.
- 559 - I.J. POTHECARY et R.A. RATCLIFFE - Satellite pictures of an old occluded depression and their usefulness in analysis and forecasting. Met. Mag. 95, 1966, p. 332-339.
- 560 - A. PRUDHOMME - Le rôle de l'activité solaire dans les phénomènes atmosphériques. La Météo juin 1950, p. 85-98.
- 561 - G. PUEYO - Considérations sur une étude climatique en Pays Basque français. Bul. Cent. Et. Rech. Sc. Biarritz 1970 n°4, p. 965-969.
- 562 - P. QUENEY - Les ondes atmosphériques considérées comme associées aux discontinuités du tourbillon. Tel. vol. IV, mai 1952, n°2, p. 88-111.
- 563 - P. QUENEY - L'évolution moderne des idées sur la circulation générale de l'atmosphère. Cahiers de l'Inf. Geo, 1953 n°3 et 5, p. 2-12.



- 564 - P. QUENEY - Explication dynamique de la circulation générale de l'atmosphère sur la base des idées de Rossby. In Rossby memorial, vol. 1959, p. 225-229.
- 565 - P. QUENEY - Les mouvements de l'atmosphère. Encyclopédie de la pléiade. N.R.F. Paris, vol. "La Terre" 1959, p. 243-314 et vol. "géophysique" 1971, p. 554-634.
- 566 - P. QUENEY - Etat actuel de la dynamique des courants aériens près des montagnes. Geof. et météo. Genève vol. XI, 1963, acte du septième congrès international de météorologie alpine, sept. 1962, p. 1-11.
- 567 - P. QUENEY - Rôle des "jet streams" dans les échanges entre la troposphère et la stratosphère. In : "Présence Electron. Journ. Electron. Toulouse 1965" Paris 1966, serv. Propagande Ed. Inform. 1966, 27 x 21, p. 371-8.
- 568 - P. QUENEY - Eléments de météorologie. Masson Paris 1974, 300p.
- 569 - J.B. RACINE et H. REYMOND - L'analyse quantitative en géographie. PUF Paris 1973, 316p.
- 570 - P. RAETHJEN - Planetarischer Austausch der vorticität und des rotation moments. Arch. Met. Geophys. Bioklima. T. II 1950
- 571 - M.S. RANTZEN - Météo pour la plaisance - Paimboeuf 1966, 127p.
- 572 - Y.P. RAO - Interhémispherical general circulation. Q.J.R.M.Soc. avril 1960, p. 158-166.
- 573 - G.V. RAO - On the influence of fields of motion, baroclinicity and latent heat source on frontogenesis. J. Ap. Met. 5 1966, n°4, p. 377-387.
- 574 - G.V. RAO - A numerical study of the frontal circulation in the atmospheric boundary layer. J. Ap. Met. 10, 1971, n°1, p. 26-35.
- 575 - S.I. RASOOL et J.S. HOGAN - Ocean circulation and climatic changes. Bul. Amer. Met. Soc. 50, 1969, n°3, p. 130-194.
- 576 - R.J. REED - Principal frontal zones of the northern hemisphere in winter and summer. Bul. Amer. Met. Soc. 41, 1960, p. 591-598.
- 577 - E.R. REITER - Meteorologie der strahlströme (jet-streams). Vienne Springer Verlag 1961, 473p.
- 578 - E.R. REITER - Jet-stream meteorology. Univ. of Chicago Press, 1963, 515p.

- 579 - E.R. REITER - Jet streams. How do they affect our weather. New York 1967, 189p.
- 580 - E.R. REITER - Gedanken zur Entstehung und zur Dynamik der Strahlströme. *Meteo. Runa.* 22, 1969, n°3, p. 62-65.
- 581 - E.R. REITER - Tropospheric circulation and jet streams. In *World Survey of climatology vol. 4, climate of the free atmosphere*, D.F. Rex (ed.) Amsterdam, London & New York 1969, p. 85-204.
- 582 - E.R. REITER et L.F. WHITNEY - Interaction between subtropical and polarfront jet stream. *Mont. Weat. Rev. U.S.A.* 97 1969, n°6, p. 432-8, bibl. (19 réf.).
- 583 - A. REVENGA CARBONELL - Contribución al estudio de la hidrografía de la Península Ibérica. *Est. Geogr.* n°75, 1959, p. 189-207.
- 584 - D.F. REX - Blocking action in the middle troposphere and its effects upon regional climate, II, *Tel. II*, 1950, n°4, p. 275-301.
- 585 - D.F. REX - Blocking action in the middle troposphere and its effects upon regional climate. I an aerological study of blocking action. *Tel. II*, 1950, n°3, p. 196-211.
- 586 - D.F. REX - The effect of atlantic blocking action upon european climate. *Tel. III*, mai 1951, p. 100-111.
- 587 - P. REY - *Essai de Phytocinétique biogéographique*. CNRS Paris 1960 399p.
- 588 - O. RIBEIRO - Portugal - T.V. de géographie de España y Portugal Col. *Terain Barcelone* 1955.
- 589 - O. RIBEIRO - Portugal - O Mediterrâneo Atlântico. Lisbonne 2°ed. 1963, 176p. 6 cartes h.t.
- 590 - H. RIEHL - On the role of the tropics in the general circulation of the atmosphere. *Tel. II*, 1950, n°1, p. 1-17.
- 591 - H. RIEHL - Mechanisms of the general circulation of the troposphere. In *World Survey of climatology vol. 2* (ed. H. Flohn) Elsevier 1969, p. 1-3.
- 592 - H. RIEHL - On the role of the tropics in the general circulation of the atmosphere. *Weat.* 24, août 1969, p. 288-308.
- 593 - H. RIEHL et S. TEWELES - A further study on the relation between the jet-stream and cyclone formation. *Tel. V* 1953, n°1, p. 66-79.

- 594 - H. RIEHL et ALT. - Forecasting in middle latitudes. Meteorological monographies1, 1952, n°5, 80p.
- 595 - S. RIVAS GODAY - Übersicht über die Vegetationsgürtel der Iberischen Halbinsel. In die Pflanzenwelt Spaniens - Int. Rübel in Zurich. Verlag hans huber Bern 1956, p. 32-69  
1 carte hors texte couleurs.
- 596 - G. ROCHE et J.P. TRIPLET - La météorologie. Ec. de la Météo. Nat. Paris 1971, 317p.
- 597 - W. RODER et P.F. RODER - Synoptisch statistische untersuchungen über der Zerfall bläckierender Hochdruckgebiete über dem Nordostatlantik und Europa. Inst. Meteo. Geophys. freien. Univ. Berlin, Meteo. Abh. 69, 1966, heft, n°2, p. 115.
- 598 - P. RODRIGUEZ FRANCO - Nuevos estudios sobre la corriente en chorro. Rev. de Geof. Jv-mars 1961, n°77, p. 29-47.
- 599 - P. RODRIGUEZ FRANCO - Influencia de la circulación de la alta troposfera en el desencadenamiento de inestabilidad sobre la Península Ibérica. Rev. de Geof. Jv-mars 1962, n°31, p. 15-38.
- 600 - A. ROLOAN FERNANDEZ - Las precipitaciones atmosfericas en Madrid desde el ano 1859 al 1963. Bol. Clim. Mens. fev. 1964 p. 3-9.
- 601 - A. ROLOAN FLORES - Temperaturas extremas de España. Cal. Meteo. Fenol. 1962, p. 134-141.
- 602 - V. ROMANOVSKY - Isothermes des eaux superficielles d'une portion de l'Atlantique Nord. 1953-1956 - cartes mensuelles Meteo. Nat. Paris.
- 603 - S.L. ROSENTHAL et J.A. GLEESON - Sea level anticyclogenesis affecting mediterranean weather. Archiv. Met. Geophys. und bioklimat. ser. A, vol. 9, 1956, n°2, p. 191-196.
- 604 - C.G. ROSSBY - Planetary flow patterns in the atmosphere. Q.J.R.M. Soc. 66, 1939, p. 68-87.
- 605 - C.G. ROSSBY et alt. - Relations between variations in the intensity of the zonal circulation and displacements of the sem-permanent centry of action. Journal of Marine research, 1939, 2, p. 38-55.
- 606 - C.G. ROSSBY - On the distribution of angular velocity in gaseous envelopes under the influence of large scale horizontal mixing processes. Bul. Am. Met. Soc. 28, fev. 1947 n°2, p. 53-68.



- 607 - C.G. ROSSBY et alt. - On the general circulation of the atmosphere in middle latitudes. Bul. Am. Met. Soc. 28, juin 1947, n°6, p. 255-280.
- 608 - C.G. ROSSBY - Current problems in meteorology. In the atmosphere and the sea in motion, Rossby memorial vol. ed. Berlin-Stockholm 1959, p. 9-50.
- 609 - C.G. ROSSBY et H.C. WILLETT - The circulation of the upper troposphere and lower stratosphere. Science 108, 1948, p. 643-652.
- 610 - G.D. ROBINSON - Meteorological observations over the ocean. Mar. Observ. GB. 1967, n°247, p. 120-127.
- 611 - J. ROUCH - Traité océanographique physique. T.3 : les mouvements de la mer. Payot Paris, 1948, 413p.
- 612 - J. ROULLEAU - Les grands problèmes de la météorologie : difficultés physiques et difficultés théoriques. La Météo. 63 Jt-Sept. 1961, p. 257-262.
- 613 - M. ROUSSELLE - La neige dans les Monts Cantabriques. DES mémoire complémentaire Rennes 1963 - ronéo 33p.
- 614 - M.F. de SAINTIGNON et S. MARTIN - Application de l'analyse factorielle en composantes à l'étude de la variabilité régionale et interannuelle des précipitations ardéchoises - R. GL - XLIX 1974, n°1, p. 77-92.
- 615 - B. SALTMANN et A. FLEISHER - The exchange of kinetic energy between layer scales of atmospheric motion. Tel. XII, 1960 n°4, p. 374-377.
- 616 - B. SALTMANN et S. TEWELES - Further statistics on the exchange of kinetic energy between harmonic components of the atmospheric flow. Tel. XXVI, nov. 1964, n°4, p. 432-435.
- 617 - J. SANCHEZ RODRIGUEZ - Psicometría del verano español. Rev. Geof. n°94, 1965, p. 153-167.
- 618 - P. SANCRISTOBAL Y MURCIA - Usurbil, un municipio de San Sebastián Depart. de Geogr. aplicada - Instituto Elcano Saragosse 1958, 156p.
- 619 - R. SARKER - A dynamical model of orographic rainfall. Mont. Weat. Rev. U.S.A. 1966, 94, n°9, p. 555-572.
- 620 - J.S. SAWYER - The free atmosphere in the vicinity fronts. Geophysical Mem. 12, 1955, n°96.

- 621 - J.S. SAWYER - The physical and dynamical problems of orographic rain. Weat. vol. XI, déc. 1956, n°12, p. 375-381.
- 622 - J.S. SAWYER - Jet stream feature of the Earth's atmosphere. Weat. XII, 1957, n°II, p. 333-344.
- 623 - J.S. SAWYER - Observational characteristics of atmospheric fluctuations with a time scale of a month. Q.J.R.M.Soc. 96, 1970, n°410, p. 610-625.
- 624 - P. SCHERRESCHESKY - Etude du renforcement des courants-jets par des sources locales d'énergie au moyen des satellites à haute résolution. Cas des pseudofronts froids. C.R. Ac. Sci. B. Fr. 272, 1971, n°14, p. 877-880.
- 625 - R. SCHERHAG - Einführung in die Klimatologie - Westermann Verlag 2° ed. 1964, 132p.
- 626 - R. SCHERHAG - Klimatologische Karten der Nordhemisphäre. Meteo. Abh. VI00, 1969, 223p.
- 627 - R. SCHMITT - Das Klima von Altkastilien und Aragonien auf Grund der spanischen Wetterbeobachtungen (1906-1925) - Diss. Giessen 1935 - Traduction espagnole. El clima de Castilla la Vieja y Aragón. Est. Geogr.VI 1945 n°20-21, p. 727-812.
- 628 - C.D. SCHONWIESE - Zur Systematik der Nebelerscheinungen. We. U. Leben 2z, 1970, n°9-10, p. 185-190.
- 629 - M.J. SCHROEDER, M.A. FOSBERT, O.P. GRAMER, C.A. O'DELL - Marine air invasion of the Pacific Coast : a problem analysis. Bul. Amer. Met. Soc. 48, 1967, n°11, p. 802-808.
- 630 - M. SCHUEPP - Types de temps dans les Alpes. Météorologie Alpine Garmisch 1957 - La Météo 1958, p. 291-299.
- 631 - M. SCHUEPP - Kalendarien der Wetter und Witterungslagen von 1955 bis 1967. Veröff. Schweiz. Met. Zentr. Anst. 1968 (Zurich) II, 43p.
- 632 - R.S. SCORER - Vorticity - Weat. Vol. 12, mars 1957, n°3, p. 72-84.
- 633 - J. SECO SANTOS, J. GARMENDIA IRAUNDEGUI - Nueva formula para el calculo de la evaporación. Rev. Geof. 1970, n°1 p. 49-72.
- 634 - W.O. SELLERS - Physical climatology - Un. Chicago. Press 1965, 272p.
- 635 - W. SEMMELHACK - Winderhältnisse in der Westküste der Iberischen Halbinsel. Meteo. Zeitschrift 1911, p. 134-136.
- 636 - W. SEMMELHACK - Niederschlagskarte der Iberischen Halbinsel. An. Hyd. Mar. Meteo 60, 1932, p. 28-32.

- 637 - W. SEMMELHACK - Temperaturkarten der Iberischen Halbinsel. An. Hydro Mar. Meteo 60, 1932, p. 327-333.
- 638 - D.K. SENGUPTA - Sunspot cycle in regional rainfall. Weat. Vol. 12 oct. 1957, n°10, p. 322-324.
- 639 - S.M. SEREBRENY, E.J. WIEGMAN et R.G. HADFIELD - For observations of the structure of jet-streams over north America. J. Ap. Met. 1962, n°1, p. 137-145.
- 640 - V. SERRADILLA SECO - El clima de Ponferrada. Min. del Aire SMN publ. ser. A n°32, Madrid 1959, 43p.
- 641 - J. SERVANT CHI TRACH HOANG - Les échanges verticaux des aérosols artificiels dans la troposphère. C.R. Acad. Sci. B. Fr. 268, 1969, n°25, p. 1686-1688.
- 642 - J.A. SHEAR - A set-theoretic view of the Köppen dry climates. An. As. Amer. Geogr. 1966, 56, n°3, p. 508-15.
- 643 - I.I. SHELL - The ice off Iceland and the climates. Geogr. An. 1961 n°3-4, p. 354-362.
- 644 - SHIH ANG HSU - Coastal air-circulation system : observations and empirical model. Month. Weat. Rev. U.S.A. 98, 1970 n°7, p. 487-509.
- 645 - J.E. SIMS - Meridional transport of mean sonal kinetic energy from five years of hemispheric data. Tel. XX, 1970, n°6 p. 655-662.
- 646 - P.J. SMITH - The kinetic energy budget over North America during a period of major cyclone development. Tel. XXV, 1973 n°5, p. 411-423.
- 647 - R.L. SMITH - Upwelling. Oceanogr. mar. Biol. 6, 1969, p. 11-46.
- 648 - A.I. SORKINA - En russe (Association des processus synoptiques dans les parties septentrionales de l'Atlantique et du Pacifique). Trudy. Glavn. Geofiz. Obs. A.I. Voejkova S.S.S.R. 1966, n°198, p. 53-88.
- 649 - M. SORRE - Les fondements de la géographie humaine. A. Colin Paris 1967, TI, 447p.
- 650 - M. SORRE et J. SION - Méditerranée - Péninsules Méditerranéennes G.U. T.VII, 1°partie Paris 1934, 234p.
- 651 - L.P. STARK - Positions of monthly mean troughs and ridges in the northern hemisphere, 1949-1963. Mon. Wea. Rev. 93 nov. 1965, n°11, p. 705-20.



- 652 - V.P. STARR - Note concerning the nature of the large-scale eddies in the atmosphere. Tel. V 1953, n°4, p. 494-498.
- 653 - V.P. STARR - Remarks on the progress of general circulation studies Tel. XXV, 1973, n°1, p. 1-11.
- 654 - V.P. STARR et J.P. PEIXOTO - On the global balance of water vapor and the hydrology of deserts. Tel. X, 1958, n°2, p. 187-194.
- 655 - V.P. STARR, J.P. PEIXOTO et N.E. GAUT - Momentum and zonal kinetic energy balance of the atmosphere from five years of hemispheric data. Tel. XXII, 1970, n°3, p. 251-274.
- 656 - P.H. STONE - Frontogenesis by horizontal wind deformation fields. J. Atm. Sci. 23, 1966, n°5, p. 455-465.
- 657 - P.B. STOREBO - Precipitation formation in a mountainous coast region. Tel. Suède, 1968, 20, n°2, p. 239-50 bibl. (13 réf).
- 658 - N.A. STRETEN et A.J. TROUP - A synoptic climatology of satellite observed cloud vortices over the southern hemisphere. Q.J.R.M.Soc. 99, 1973, p. 56-72.
- 659 - E.T. STRINGER - Foundations of climatology. Freeman ad. Co. San Francisco 1972, 586p.
- 660 - M. STRIFFLING - Description sommaire de la surface isobare 500 millibars des zones de précipitations sur la France pendant l'année 1965. Institut de Mété. et des Sciences climatiques de Lyon. 1965, 22p.
- 661 - M. STRIFFLING - Perspectives nouvelles de la climatologie. RGL 1968 p. 415-429.
- 662 - A.L. SUGG et P.J. HEBERT - The Atlantic hurricane season of 1968 Mont. Weat. Rev. vol. 97, 1969, n°3, p. 225-39.
- 663 - A.L. SUGG et J.M. PELISSIER - The hurricane ocean of 1964. Mont. Weat. Rev. vol. 96, avril 1968, n°4, p. 242-250.
- 664 - E.J. SUMNER - Blocking anticyclones in Atlantic European sector of the northern hemisphere. Met. Mag. 88, 1959, p. 300-311.
- 665 - J. SUSSEBACH - Synoptisch Statistische untersuchungen zur Sturmwetterlagen in Mittel und Osteuropa. Met. Abh. 86, 1968, 105p.
- 666 - R.C. SUTCLIFFE - On the development in the field barometric pressure. Q.J.R.M.Soc. n°64, 1938, p. 495-509.

- 667 - R.C. SUTCLIFFE - Cyclonic and anticyclonic development. Q.J.R.M.Soc. n°65, 1939, p. 518-524.
- 668 - R.C. SUTCLIFFE - The formation of new anticyclones. Met. Mag. 82 1953, p. 163-175.
- 669 - R.C. SUTCLIFFE et A.G. FORSDYKE - The theory and use of upper thickness patterns in Forecasting. Q.J.R.M.Soc. n°76 1950, p. 189-217.
- 670 - H.U. SVERDRUP - Evaporation from the oceans. In compedium of Met. 1961, p. 1072-1081.
- 671 - H.U. SVERDRUP, M.W. JOHNSON et R.H. FLEMING - The Oceans. New York scol. 1949, 1087p.
- 672 - C. TAMES - El regimen de humedad de España durante el periodo 1940-1953 - Ministerio de Agricultura. Madrid 1954 8p. 52 cartes h.t.
- 673 - O. TANAEVSKY et J. BLANCHET - Meteorological study of the course of radioactive debris. Tel. XVIII, 1966, n°2, p. 434-440.
- 674 - M. de TERÁN - Geografía de España y Portugal - España - Geografia regional - Barcelone 1958 T. IV 1° partie, 481p.
- 675 - W.H. TERJUNG - An approach to climatic classification based on net radiation. Proccedings of the Association of American Geographers 2, 1970, p. 140-144.
- 676 - W.H. TERJUNG - Potential solar. Radiation climate of man. An. Ass. Geographers sept. 1971.
- 677 - W.H. TERJUNG - Energic budget et photosynoptic. Ann. Ass. Geographer. mars 1973.
- 678 - B. THIEBAUT - Esquisse bioclimatique dans le département de l'Aude et les régions limitrophes. Bul. Ecol. 1974 n°5,3 p. 239-258.
- 679 - H.C.S. THOM - A note on the gamma distribution. Mont. Weat. Rev. 1958 - 86, p. 117-122.
- 680 - H.C.S. THOM - Some methods of climatological analysis. Tech. Note No. 81. Geneva : W. M. O. 1966, p. 53.
- 681 - T.M. THOMAS - Some observations on the tracks of depressions over the easterhalf of the North Atlantic. Weat. 15, 1960 p. 325-36.

- 682 - C.W. THORNTHWAITE - An approach toward a rational classification of climate. Geo. Rev. 1948 - 38 n°1, p. 55-94.
- 683 - C.W. THORNTHWAITE et J.R. MATHER - Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and the wates balance - Centerton New Jersey 1957 - Drexel Institute of Technology - Pub dans climatologie vol.X n°3, 311p.
- 684 - A. TOMAS QUEVEDO - Causas meteorológicas de las incidaciones de septiembre 1962 en el bajo valles, llano de Llobregat y la Maresma. Est. Geogr. n°91, mai 1963, p. 137-146.
- 685 - M.P. de TORRES LUNA - La Navarra humeda del Noroeste - Inst. de Geografía Aplicada del Patronato - "Alonso de Herrera" Madrid 1971, 178p.
- 686 - M. TREGLOS - Températures de la mer sur le proche Atlantique. Met. Mar. Paris 1972, n°79, p. 20-23, n°80, p. 34-37.
- 687 - G.T. TREWARTHA - An introduction to climate. Mac Graw-Hill, New York 1954, 402p.
- 688 - J. TRICART - Quelques réflexions suggérées par l'article de G. Bertrand RGPSO 39, sept. 1968, p. 271-272.
- 689 - C.Y. TSAY et S.K. KAO - Wave structure near center of maximum turbulent kinetic energy. Tel. XXVI, 1974, n°3, p. 299-312.
- 690 - I. TSUCHIYA - Dynamic climatological studies on the mean during of westerlies and the japanese climate. Japanese progress in climatology, mars 1969, p. 55-68. Résumé de l'article en japonais in "Papers in meteorology and geophysics" vol. 18, 1967, p. 27-76.
- 691 - G.B. TUCKER - The atmospheric budget of angular momentum. Tel. vol.12 mars 1960, n°2, p. 134-144.
- 692 - L. TURC - Evaluation des besoins en eau d'irrigation, évapotranspiration potentielle. An. Agro. 1961, vol.1, p. 13-49.
- 693 - P.N. TVERSKOI - Physics of the atmosphere. A course en meteorology. Israel program for scientific translations, 1965, 561p.
- 694 - M. URBANI - Su una classificazione di tipi di tempo in Europa. Resista di Meteorologica aeronautica n°34, 1955, Rome p. 30-37.



- 695 - L. VADOT, P. BELLE et M. MILHE - Etude de la dynamique atmosphérique de la région grenobloise en vue de l'application à la diffusion des polluants. R.G.A., T. LIX, fasc. 3 1971, p. 283-324.
- 696 - W.J. VAN BEBBER - Die Zugstrassen der barometrischen minima nach den Bahnenkarten der Deutschen Seewarte für den Zeitraum 1875-1890. Met. Zeit. 8, oct. 1891, n°10, p. 361-366.
- 697 - W.J. VAN BEBBER et W. KOPPEN - Die isobaren typen der nord atlantischen ozeans und West Europas, Ihre beziehungen zur lage und Bewegung der barometrischen maxima und minima. Aus dem archiv. der Deutschen Seewarte vol. 18, 1895, n°4, 27p.
- 698 - H.M.E. VAN DE BOOGAARD - A preliminary investigation of the Daily Meridional transfer of atmospheric water vapor between the Equator and 40° N. Tel. VI, 1964, I, p. 43-54.
- 699 - J. VAN MIEGHEM - La dynamique et l'énergétique de la circulation à grande échelle. In problèmes météorologiques de la stratosphère et de la Mésosphère. PUF 1966, Colloque franco-belge, p. 1-80.
- 700 - J. VAN MIEGHEM, P. DEFRISE et J. VAN ISACKER - On the selective role of the motion systems in the atmospheric general circulation. In Rossby mem. vol. 1959, p. 230-239.
- 701 - A. VASSY - Récents progrès dans l'étude des interactions entre les différentes régions de l'atmosphère. La Météo n°84, 1966, p. 285-290.
- 702 - J. VEDERMAN - The life cycles of jet streams and extratropical cyclones. B. Am. Met. Soc. vol. 35, 1954, n°6, p. 239-244.
- 703 - J.L. VERNET - Répartition et écologie actuelles du *Qercus ilex*. Association des Palynologues de langue française. Ass. Générale de Rennes, 9p. ronéotypées.
- 704 - J.L. VERNET et P. VERNET - Sur un indice bioclimatique applicable aux climats de la France. Naturalia Monspelienis Ser. Botanique fasc. 17, 1966, p. 253-261, 2 cartes h.t.
- 705 - A. VIAUT - Aspects du temps en Europe occidentale. Paris 1947, 104p.

- 706 - A. VIAUT - La meteorología y algunas de sus aplicaciones a la aeronautica. Min. del Aire, SMN, Pub. série A, n°41 Madrid 1966, 50p.
- 707 - A. VIAUT - La météorologie du navigant. Blondel La Rougery. Paris 1970, 320p.
- 708 - G. VIERS - Les climats et les types de temps dans la vallée de Baïgorry. Toulouse D.E.S. Mémoire compl. 1950, 49p.
- 709 - G. VIERS - Le triste été 1963 dans les Pyrénées occidentales. R.G. P.S.O. 35, mars 1964, p. 111-117.
- 710 - G. VIERS - Une petite géographie de l'Espagne et du Portugal. R.G.P. S.O. sept. 1964, p. 302-303.
- 711 - G. VIERS - Progrès dans la connaissance du foehn. R.G.P.S.O. déc. 1964, p. 410-414.
- 712 - G. VIERS - Eléments de climatologie. Col. Fac. Fernand Nathan 1968 224p.
- 713 - J.P. VIGNEAU - Précipitations d'automne et perturbations méditerranéennes dans les Pyrénées orientales. R.G.P.S.O. T. 42, 1971, fasc. 3, p. 265-292.
- 714 - D.G. VINCENT et L.N. CHANG - Some further considerations concerning energy budgets of moving systems. Tel. XXV, 1973 n°3, p. 224-232.
- 715 - I. VISCONTI et R. PIRRO - Un esempio di analisi particolareggiata. La ciclogenesi nel Golfo di Genova 4-6 del marzo 1964. Riv. Meteorol. Aeronaut. Ital. 29, 1969, n°2 p. 47-67.
- 716 - H. VIVIAN - Les modalités de l'écoulement des eaux au Portugal. R.G.P.S.O. T. 37, jv. 1966, p. 145-176.
- 717 - L. VUORELA - On the air flow connected with the inversion of upper tropical air over northwestern Europe. Geophysica V. 4, 1953, n°3, p. 105-130.
- 718 - A. VULQUIN - Arguments en faveur d'une mousson en Amazonie. Tel. XXIII, 1971, p. 74-81.
- 719 - C.C. WALLEN - The variability of summer temperature in Sweden and connection with changes in the general circulation. Tel.. V, 1953, p. 157-78.
- 720 - C.J. WANGENHEIM - Catalogue of macroscopic processes according to the classification of C. J. Wangenheim. 1891-1962 (ed. by M.S. bolotinskaye et L. ja. Ryzakov. Leningrad 1964.

- 721 - W. WEHRY - Synoptish-statistische Untersuchungen zu Starkregen-  
Wetterlagen in Mittel-Europa. Inst. Meteorol. Geophys.  
freien. Univ. Berlin. Met. Abh. 86, 1968, n°3, 88p.
- 722 - L. WEICKMANN - Häufigkeitsverteilung und Zugbahnen von Depressimen  
ein mittleren Ostern. Met. Rund. 13, 1960, p. 33-38.
- 723 - H.W. WEXLER - Anticyclones. In compedium of meteorology. Boston 1951  
p. 621-629.
- 724 - H.W. WEXLER - Variations in insolation, general circulation and  
climate. Tel. VIII, 1956, 4, P. 480-494.
- 725 - R.M. WHITE et B. SALTZMAN - On conversions between potential and  
kinetic energy in the atmosphere. Tel. VIII, 1975  
n°3, p. 357-363.
- 726 - L.F. WHITNEY, A. TIMCHALK et T.I. GRAY - On locating jet streams from  
tiros photographs. Mont. Weat. Rev. vol. 94, mars  
1966, n°3, p. 127-140.
- 727 - G.C. WHITTING - Frontal passages over the Atlantic Ocean. Mont. Weat.  
Rev. 87, nov. 1959, p. 409-416.
- 728 - W.K. WIDGER - A synthesis of interpretations of extratropical vortex  
patterns as seen by tiros. Mont. Weat. Rev. vol. 92  
juin 1964, n°6, p. 263-282, 21 fig.
- 729 - C.J. WIESNER - Hydrometeorology - Chapman Londres 1970, 232p.
- 730 - A. WIIN NIELSEN - A study of energy conversion and meridional circu-  
lation of the large-scale motion in the atmosphere.  
Mont. Weat. Rev. vol. 87, 1959, p. 319-331.
- 731 - A. WIIN NIELSEN, A. BROWN et M. DRAKE - On atmospheric energy conver-  
sions between the zonal flow and the eddies. Tel.XV  
1963, n°3, p. 261-279.
- 732 - A. WIIN NIELSEN, J.A. BROWN et M. DRAKE - Further studies of energy  
exchange between the zonal flow and the eddies. Tel.  
XVI, 1964, n°2, p. 168-180.
- 733 - A.A. WILCOCK - Köppen after fifty years. An. of the As. of Amer. Geog.  
58, 1968, p. 12-28.
- 734 - H.C. WILLETT - Ground plan of dynamic climatology. Mon. Weat. Rev. 59  
1938, p. 219-223.
- 735 - H.C. WILLETT - The general circulation at the last (Würm) glacial  
maximum. Geogr. Annal. 32, 1950, p. 179-87.



- 736 - J. WILLIAMS - The influence of snowcover on the atmospheric circulation and its role in climatic change : an analysis based on results from the near global circulation model. J. Ap. Met. vol. 14, mars 1975, n°2, p. 137-152.
- 737 - P. M. WOLFF - Oceanographic data collection. Bul. Am. Met. ser.V 49 n°2, 1968, p. 96-107.
- 738 - W.L. WOODLEY & B. SANCHO - A first step towards rainfall estimation from satellite photographs. Weat. 26, 1971, p. 279-89.
- 739 - X...- Leçons destinées à la formation des prévisionnistes pour l'aéronautique. Direction de la Météorologie Nationale S.M.M.A. Paris T.IV : Météorologie et Aéronautique 1955, 84p. T.V. : Les masses d'air, 1959, 81p.
- 740 - X...- Atlantic-European weather types, 1899-1945 : Classification, calendar, uses and climatology. Air Weather Service Tech. Rep. 1955, n°105-137. Washington, D.C. 40p.
- 741 - X...- El frente mediterraneo. Rev. Geof. n°83, 1962, p. 249-259.
- 741b - X... - Weather in the Mediterranean. Meteorological Office Londres Vol.I 1962, 362p. - Vol. II 1964 372p.
- 742 - X...- Synoptic interpretations of cloud vortex patterns as observed by meteorological satellites. U.S. Weather Bureau Washington D.C. nov. 1963.
- 743 - X...- L'eau et la production végétale. Institut National de la Recherche Agronomique. Versailles 1964, 456p.
- 744 - X...- Vocabulaire météorologique international. OMM. Genève 1966 n°182, T.P. 91, 276p.
- 745 - X...- The use of satellite pictures in weather analysis and forecasting. W.M.O. Technical note, Geneva 1966, n°75, p.150.
- 746 - X...- Katalog der Grosswetterlagen Europas. Ber. Dtsch. Wetterd. 15 1969, n°113, pag. multiple (70p.) bibl. (6 réf.).
- 747 - X...- Notions statistiques de base applicables à la Climatologie. ER n°30 - CNRS - Grenoble - stage 1971 - ronéot. 38p.
- 748 - X...- Les satellites météorologiques. Colloque international. Paris mai 1973.
- 749 - X...- Le temps qu'il fera. Météo - Glénans - Extraits du Nouveau Cours de Navigation des Glénans Préface J. Bessemoulin Seuil Paris 1976, 187p.
- 750 - M. YOSHIMURA - Annual change in frontal zones in the northern hemisphere. Japanese Progress in climat. 1969, p. 69-71

- 751 - R.J. YOUNKIN, J.A. LA RUE & F. SANDERS - The objective prediction of clouds and precipitations using vertically-integrated moisture and adiabatic vertical motions. J. Ap. Met. 4, 1965, p. 3-17.
- 752 - W. ZIMMERSCHIED - Uber typische wetterlagen der Iberischen Halbinsel Meteo. Rund. I, 13-14, Berlin Jt-Août 1948, p. 405-417. Traduction espagnole. Acerca de las situaciones típicas de tiempo de la Peninsula Ibérica...S.M.N. série A 20, Madrid 1949, p. 5-13.

- LISTE DES PRINCIPAUX TABLEAUX -

|                                                                                                         |              |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Tab. I - Les températures moyennes mensuelles hivernales.....                                           | 84b          |
| Tab. II - Les températures moyennes du trimestre le plus chaud.....                                     | 87b          |
| Tab. III - Traitement programmé des bilans hydriques.....                                               | 109b<br>109t |
| Tab. IV - Fréquences des principaux types climatiques de mois.....                                      | 114b         |
| Tab. V - Coupes thermiques.....                                                                         | 132B         |
| Tab. Vb - Les principaux rythmes saisonniers de l'insolation.....                                       | 151          |
| Tab. VI - Nombres moyens de jours de brouillards.....                                                   | 154          |
| Tab. VII - Analyse des distributions des valeurs pluviométriques<br>mensuelles. La Coruña.....          | 168          |
| Leonte.....                                                                                             | 169          |
| Tab. VIII - Coefficient de variation $C_v = \frac{\sigma}{x} \times 100$ .....                          | 171b         |
| Tab. IX - Matrice du coefficient de covariation et linkage analysis.....                                | 174b         |
| Tab. X - Matrice stations-données pour analyse factorielle des<br>correspondances.....                  | 180B         |
| Tab. XI - Les précipitations sur les Rías Bajas.....                                                    | 190B         |
| Tab. XIb - Structures anticycloniques sur la Péninsule Ibérique.....                                    | 451b         |
| Tab. XII - Fréquences des situations synoptiques sur le NO de<br>l'Espagne.....                         | 451t         |
| Tab. XIII - Essai de synthèse des effets régionaux des situations<br>synoptiques.....                   | 1136b        |
| Tab. XIV - Fréquences des principales ambiances dominantes.....                                         | 1136t        |
| Tab. XV - Les apports pluviométriques relatifs en fonction des<br>principaux ensembles synoptiques..... | 1138b        |





TABLE DES MATIERES

|                                                                                                    |         |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| AVANT-PROPOS.....                                                                                  | I à III |
| INTRODUCTION - PROBLEMES GEOGRAPHIQUES ET QUESTIONS DE METHODE.....                                | 1       |
| I. LES GRANDS PROBLEMES POSES PAR LA CLIMATOLOGIE IBERIQUE.....                                    | 4       |
| A. LE PROBLEME DES LIMITES DU DOMAINE OCEANIQUE.....                                               | 4       |
| B. LE PROBLEME DES VARIATIONS REGIONALES DU<br>CLIMAT OCEANIQUE.....                               | 8       |
| II. UNE CLIMATOLOGIE DESCRIPTIVE NECESSAIRE.....                                                   | 13      |
| A. DE L'INTERET DES ANALYSES CLIMATIQUES REPOSANT SUR<br>LES VALEURS MOYENNES.....                 | 18      |
| B. LA RENOVATION DE LA CLIMATOLOGIE DESCRIPTIVE PAR<br>LES ETUDES FREQUENTIELLES.....              | 23      |
| C. LA PERCEPTION GLOBALE DES ELEMENTS CLIMATIQUES :<br>CLASSIFICATION OU BILAN ?.....              | 28      |
| 1°) Les classifications géographiques pour les<br>grandes unités spatiales.....                    | 28      |
| 2°) Les classifications thématiques pour les<br>unités régionales de base.....                     | 33      |
| III. LA REPONSE AUX PROBLEMES PAR LA CLIMATOLOGIE SYNOPTIQUE.<br>LA NOTION DE "TYPE DE TEMPS"..... | 37      |
| A. LA CLIMATOLOGIE DYNAMIQUE - SES DEVELOPPEMENTS RECENTS.....                                     | 40      |
| B. LA CLIMATOLOGIE SYNOPTIQUE. SON OBJET ET SES DEMARCHES.....                                     | 44      |
| 1°) Les raisons du choix d'une recherche synoptique.....                                           | 45      |
| 2°) Les classifications synoptiques.....                                                           | 48      |
| 3°) Les principes de la classification adoptée.....                                                | 52      |
| C. LE TYPE DE TEMPS OU L'EFFET REGIONAL D'UNE SITUATION<br>SYNOPTIQUE.....                         | 58      |
| 1°) Le temps qu'il fait : la climatologie<br>"compréhensive".....                                  | 59      |
| 2°) Les variations régionales des effets des situations<br>synoptiques.....                        | 61      |
| CONCLUSION : PLAN DE L'ETUDE.....                                                                  | 66      |

Première Partie

ORIGINALITE ET DIVERSITE DU DOMAINE OCEANIQUE

|                               |    |
|-------------------------------|----|
| DE LA PENINSULE IBERIQUE..... | 69 |
|-------------------------------|----|

|                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------|----|
| Chapitre I. CARACTERES FONDAMENTAUX ET LIMITES DU DOMAINE OCEANIQUE.... | 73 |
|-------------------------------------------------------------------------|----|

|                                                                                       |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------|----|
| I - LES CONDITIONS DE L'ETUDE DES ELEMENTS DU CLIMAT<br>DE LA PENINSULE IBERIQUE..... | 74 |
|---------------------------------------------------------------------------------------|----|

|                                                |    |
|------------------------------------------------|----|
| A. L'ETABLISSEMENT DES CARTES ANALYTIQUES..... | 74 |
|------------------------------------------------|----|

|                                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------------|----|
| B. LA PERIODE ETUDIEE ET LA VARIETE DES SERIES DE<br>DONNEES..... | 77 |
|-------------------------------------------------------------------|----|

|                                                                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| II - LES CARACTERES CLIMATIQUES FONDAMENTAUX DES REGIONS<br>SEPTENTRIONALES DE LA PENINSULE IBERIQUE..... | 82 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

|                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------|----|
| A. LES REGIONS OCEANQUES LES PLUS TEMPEREES DE<br>L'HEMISPHERE N..... | 82 |
|-----------------------------------------------------------------------|----|

|                                  |    |
|----------------------------------|----|
| 1°) L'absence d'hiver froid..... | 83 |
|----------------------------------|----|

|                                        |    |
|----------------------------------------|----|
| 2°) Le bien être thermique en été..... | 86 |
|----------------------------------------|----|

|                                             |    |
|---------------------------------------------|----|
| 3°) Des rythmes annuels peu contrastés..... | 90 |
|---------------------------------------------|----|

|                                                                                  |    |
|----------------------------------------------------------------------------------|----|
| B. DES REGIONS OCEANQUES PARMI LES PLUS ARROSEES DE<br>LA FACADE EUROPEENNE..... | 92 |
|----------------------------------------------------------------------------------|----|

|                                             |    |
|---------------------------------------------|----|
| 1°) Un climat humide et peu ensoleillé..... | 93 |
|---------------------------------------------|----|

|                                        |    |
|----------------------------------------|----|
| 2°) Une forte pluviosité annuelle..... | 94 |
|----------------------------------------|----|

|                                                 |     |
|-------------------------------------------------|-----|
| 3°) Des régimes pluviométriques contrastés..... | 101 |
|-------------------------------------------------|-----|

|                                                                    |     |
|--------------------------------------------------------------------|-----|
| C. DES REGIONS OCEANQUES OU LA SECHERESSE N'EST PAS<br>EXCLUE..... | 105 |
|--------------------------------------------------------------------|-----|

|                                                      |     |
|------------------------------------------------------|-----|
| 1°) Les principales démarches du bilan hydrique..... | 106 |
|------------------------------------------------------|-----|

|                                                                                                                                  |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 2°) Application de la méthode du bilan hydrique :<br>aspects et variabilité de la sécheresse dans<br>les régions océaniques..... | 111 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

|                                                      |     |
|------------------------------------------------------|-----|
| 3°) Comparaison avec les régimes ombrothermiques.... | 115 |
|------------------------------------------------------|-----|

|                                                              |     |
|--------------------------------------------------------------|-----|
| III - L'EXTENSION DU DOMAINE OCEANIQUE ET DE SES MARGES..... | 117 |
|--------------------------------------------------------------|-----|

|                                    |     |
|------------------------------------|-----|
| A. UNE DELIMITATION DIFFICILE..... | 118 |
|------------------------------------|-----|

|                        |     |
|------------------------|-----|
| 1°) Les problèmes..... | 118 |
|------------------------|-----|

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| 2°) La solution proposée..... | 120 |
|-------------------------------|-----|

|                                                         |     |
|---------------------------------------------------------|-----|
| B. L'ENSEMBLE OCEANIQUE ET SES FORMES DE DEGRADATION... | 122 |
|---------------------------------------------------------|-----|

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| 1°) L'ensemble océanique..... | 122 |
|-------------------------------|-----|

|                                           |     |
|-------------------------------------------|-----|
| 2°) Les ensembles dégradés marginaux..... | 124 |
|-------------------------------------------|-----|

|                                                      |     |
|------------------------------------------------------|-----|
| 3°) Les dégradations thermiques dues à l'altitude... | 125 |
|------------------------------------------------------|-----|

|                                                                         |     |
|-------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4°) Les régions hors du domaine à influence océanique<br>dominante..... | 127 |
|-------------------------------------------------------------------------|-----|

|                 |     |
|-----------------|-----|
| CONCLUSION..... | 128 |
|-----------------|-----|



|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Chapitre II. LA DIVERSITE DU DOMAINE OCEANIQUE.....                                                                                                                                                                                                                                                                         | 129 |
| I - LES VARIATIONS GEOGRAPHIQUES DES ELEMENTS DU CLIMAT....                                                                                                                                                                                                                                                                 | 130 |
| A. LA VARIETE DES AMBIANCES THERMIQUES.....                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 130 |
| 1°) L'atténuation de l'influence océanique vers<br>l'intérieur.....                                                                                                                                                                                                                                                         | 131 |
| Dans l'ensemble vascocantabrique - Dans la<br>Galice septentrionale - Dans le N du Portugal                                                                                                                                                                                                                                 |     |
| 2°) Les transitions thermiques vers le domaine<br>méditerranéen.....                                                                                                                                                                                                                                                        | 139 |
| 3°) La variabilité des températures quotidiennes....                                                                                                                                                                                                                                                                        | 142 |
| Les différences entre les régions littorales<br>océaniques - Les conditions thermiques quoti-<br>diennes dans les régions montagneuses                                                                                                                                                                                      |     |
| B. LES DIFFERENCIATIONS REGIONALES DE L'ENSOLEILLEMENT<br>ET DE LA NEBULOSITE.....                                                                                                                                                                                                                                          | 148 |
| 1°) Les variations régionales de l'ensoleillement...                                                                                                                                                                                                                                                                        | 150 |
| 2°) Les brouillards et les mers de nuages.....                                                                                                                                                                                                                                                                              | 153 |
| C. LA DIVERSITE GEOGRAPHIQUE DE LA PLUVIOSITE.....                                                                                                                                                                                                                                                                          | 155 |
| 1°) Une pluviosité calquée sur l'hypsométrie.....                                                                                                                                                                                                                                                                           | 156 |
| 2°) Les variations saisonnières de la répartition<br>des pluies.....                                                                                                                                                                                                                                                        | 159 |
| Types océaniques à un seul maximum pluviomé-<br>trique - Types océaniques avec un maximum<br>pluviométrique en mai - Types océaniques avec<br>maximum principal automne-hiver et maximum<br>secondaire saisonnier de printemps - Types<br>océaniques avec maximum principal d'automne<br>et maximum secondaire de printemps |     |
| 3°) Les différences spatiales de la variabilité<br>pluviométrique.....                                                                                                                                                                                                                                                      | 166 |
| Etude statistique et représentation cartogra-<br>phique de la variabilité - Covariations pluvio-<br>métriques                                                                                                                                                                                                               |     |
| II - LA MOSAIQUE DES CLIMATS REGIONAUX DU DOMAINE OCEANIQUE<br>ET DE SES MARGES.....                                                                                                                                                                                                                                        | 177 |
| A. LA PROVINCE OCEANIQUE GALICIENNE.....                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 184 |
| 1°) Le climat de la façade littorale N de la<br>Galice.....                                                                                                                                                                                                                                                                 | 185 |
| 2°) Le climat océanique pluvieux des Rías Bajas....                                                                                                                                                                                                                                                                         | 189 |
| 3°) Le climat des plateaux intérieurs.....                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 191 |
| 4°) Le climat du Bassin de Lugo.....                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 192 |
| B. LA PROVINCE OCEANIQUE BASQUE.....                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 194 |
| 1°) Le climat littoral basque.....                                                                                                                                                                                                                                                                                          |     |
| 2°) Le climat littoral de la région de Santander...                                                                                                                                                                                                                                                                         |     |
| 3°) La variété des climats des vallées et<br>dépressions intérieures.....                                                                                                                                                                                                                                                   | 201 |
| Le climat plus sec des vallées abritées - Le<br>climat pluvieux des vallées exposées aux vents<br>de NO                                                                                                                                                                                                                     |     |

|                                                                                                                                        |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| C. LA PROVINCE OCEANIQUE ASTURIANO-CANTABRIQUE.....                                                                                    | 204 |
| 1°) Le climat littoral asturien.....                                                                                                   | 205 |
| 2°) Les traits climatiques des vallées asturiennes.....                                                                                | 208 |
| D. LES REGIONS MONTAGNEUSES OCEANIQUES.....                                                                                            | 210 |
| 1°) Les montagnes très pluvieuses à climat contrasté<br>du Minho et de la Galice Occidentale.....                                      | 210 |
| 2°) Le climat des montagnes océaniques basques.....                                                                                    | 213 |
| 3°) Le climat des montagnes cantabriques.....                                                                                          | 214 |
| E. LA PROVINCE SUBOCEANIQUE LUSITANIENNE.....                                                                                          | 217 |
| 1°) Le climat littoral lusitanien.....                                                                                                 | 218 |
| 2°) Le climat lusitanien des bas plateaux intérieurs...                                                                                | 221 |
| 3°) Les montagnes occidentales dû Beria Alta.....                                                                                      | 223 |
| F. LES REGIONS SUBOCEANIQUES DES MARGES INTERIEURES.....                                                                               | 225 |
| 1°) Les climats montagneux marginaux.....                                                                                              | 226 |
| Les hauteurs du Tras Os Montes et du SE de la<br>Galice - Le versant méridional des Cantabriques                                       |     |
| 2°) Le climat subocéanique de l'Alava.....                                                                                             | 232 |
| 3°) Les enclaves subméditerranéennes.....                                                                                              | 234 |
| Les climats secs à nuance chaude - Les climats<br>secs à nuance froide du SE de la Galice - L'ori-<br>ginalité du climat de la Liébana |     |
| CONCLUSION.....                                                                                                                        | 240 |

## Deuxième Partie

|                                                                                                    |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| LA CIRCULATION ATMOSPHERIQUE DANS LES REGIONS<br>ATLANTIQUES HUMIDES DE LA PENINSULE IBERIQUE..... | 241 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

|                                                         |     |
|---------------------------------------------------------|-----|
| Chapitre I. LES DONNEES DE LA CIRCULATION GENERALE..... | 245 |
|---------------------------------------------------------|-----|

|                                                              |     |
|--------------------------------------------------------------|-----|
| I - LES ASPECTS FONDAMENTAUX DE LA CIRCULATION GENERALE..... | 246 |
|--------------------------------------------------------------|-----|

|                                                                                                |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| A. LES COMPOSANTES ZONALE ET MERIDIENNE DE LA CIRCULATION...                                   | 247 |
| 1°) La concentration des vents d'O forts.....                                                  | 247 |
| 2°) Les variations saisonnières des grandes cellules<br>de la circulation méridienne.....      | 249 |
| 3°) Les données originales de la circulation sur la<br>Péninsule Ibérique.....                 | 251 |
| B. LA STRUCTURE COMPLEXE DE LA CIRCULATION D'O.....                                            | 255 |
| 1°) Les modèles de circulation d'O à plusieurs jets.....                                       | 255 |
| 2°) Jet subtropical et jet polaire.....                                                        | 258 |
| C. LES FACTEURS ENTRETENANT LA CIRCULATION.....                                                | 263 |
| 1°) L'échauffement différentiel à la surface du globe....                                      | 264 |
| Selon la latitude - A l'intérieur d'une même zone                                              |     |
| 2°) Les mouvements d'origine turbulente.....                                                   | 269 |
| Les transferts d'énergie - Les conditions dynamiques<br>des transferts de chaleur              |     |
| 3°) Les causes complexes de la circulation zonale à jets<br>multiples.....                     | 276 |
| Circulation méridienne et jet subtropical - Le jet<br>polaire et les tourbillons de turbulence |     |

|                 |     |
|-----------------|-----|
| CONCLUSION..... | 286 |
|-----------------|-----|



|                                                                                                                                                                                |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| II - L'INSTABILITE DES COURANTS D'OUEST - LES TYPES DE CIRCULATION A L'ECHELLE ZONALE.....                                                                                     | 288 |
| A. LES TYPES DE CIRCULATION DES COURANTS INSTABLES D'O DES LATITUDES MOYENNES.....                                                                                             | 290 |
| 1°) Les types de circulation troposphérique selon C.G. ROSSBY.....                                                                                                             | 291 |
| La circulation zonale rapide - Le développement des ondulations - La circulation lente méridienne - La circulation bloquée - Autre forme d'évolution de la circulation zonale  |     |
| 2°) Les origines de l'instabilité des courants d'O.....                                                                                                                        | 303 |
| Les facteurs géographiques - Les causes dynamiques                                                                                                                             |     |
| 3°) Les évolutions séparées des différents jets.....                                                                                                                           | 314 |
| B. LES SUCCESSIONS HABITUELLES DES TYPES DE CIRCULATION SUR L'EUROPE DU SO.....                                                                                                | 318 |
| 1°) Classification des formes de circulation dans la moyenne troposphère.....                                                                                                  | 318 |
| En période de circulation zonale - En période de circulation méridienne                                                                                                        |     |
| 2°) Le rythme annuel des formes de circulation.....                                                                                                                            | 322 |
| Les aspects généraux - Les aspects saisonniers                                                                                                                                 |     |
| C. TYPES DE CIRCULATION ET VARIABILITE CLIMATIQUE.....                                                                                                                         | 333 |
| 1°) Fluctuations climatiques et circulation générale.....                                                                                                                      | 334 |
| 2°) Types de circulation et variabilité climatique interannuelle.....                                                                                                          | 339 |
| Indices de circulation et variabilité saisonnière                                                                                                                              |     |
| 3°) Variations climatiques et activité solaire.....                                                                                                                            | 349 |
| Chapitre II. LES DONNEES SYNOPTIQUES DE LA CIRCULATION.....                                                                                                                    | 355 |
| I - LES FACTEURS DES STRUCTURES SYNOPTIQUES.....                                                                                                                               | 358 |
| A. LES DONNEES THERMIQUES - LES MASSES D'AIR.....                                                                                                                              | 358 |
| 1°) Les masses d'air froid convectives et subsidentes....                                                                                                                      | 361 |
| Les masses d'air d'origine arctique - Les masses d'air polaire d'origine continentale en hiver                                                                                 |     |
| 2°) Les masses d'air frais et humide à évolution convective.....                                                                                                               | 365 |
| 3°) Les masses d'air chaud à évolution cinématique.....                                                                                                                        | 368 |
| Masses d'air maritime chaud - Masses d'air tropical maritime très chaud - L'air chaud tropical à caractère continental - L'air méditerranéen - L'air polaire continental chaud |     |
| 4°) Le jeu saisonnier des grandes masses d'air sur l'Europe du SO.....                                                                                                         | 382 |
| 5°) Les facteurs géographiques de la fragmentation des masses d'air de la Péninsule Ibérique.....                                                                              | 384 |
| Une pellicule d'air continentalisé au-dessus de la Péninsule Ibérique - Une "masse d'air marine" au-dessus des eaux froides océaniques                                         |     |
| B. LES FACTEURS DYNAMIQUES.....                                                                                                                                                | 393 |
| 1°) Les conditions cinématiques de la frontogénèse et de la cyclogénèse.....                                                                                                   | 396 |
| 2°) L'instabilité barocline dans la troposphère inférieure.....                                                                                                                | 401 |
| 3°) La variabilité des mécanismes cyclogénétiques.....                                                                                                                         | 403 |



|                                                              |     |
|--------------------------------------------------------------|-----|
| II - LES STRUCTURES SYNOPTIQUES SUR LE SO DE L'EUROPE.....   | 407 |
| A. LES EVOLUTIONS DES PRINCIPALES STRUCTURES CYCLONIQUES...  | 407 |
| 1°) L'évolution des perturbations cycloniques d'O.....       | 409 |
| 2°) Les dépressions à trajectoires méridiennes.....          | 415 |
| Les systèmes cycloniques de SO et de S - Les                 |     |
| systèmes cycloniques de N.....                               | 417 |
| 3°) Les systèmes cycloniques stabilisés.....                 | 418 |
| Les dépressions stables sur l'Atlantique N - Les             |     |
| dépressions lusitano-ibériques - Les dépressions             |     |
| méditerranéo-ibériques et les perturbations de NE            |     |
| 4°) Les cyclones tropicaux transformés.....                  | 426 |
| B. LES STRUCTURES DES PRINCIPAUX SYSTEMES ANTICYCLO-         |     |
| NIQUES.....                                                  | 430 |
| 1°) Les prolongements des anticyclones subtropicaux          |     |
| en circulation zonale.....                                   | 433 |
| Les cellules subtropicales océaniques - Les                  |     |
| cellules anticycloniques d'altitude ibéro-médi-              |     |
| terranéenne et le renforcement de la dépression              |     |
| ibérique en été                                              |     |
| 2°) Les anticyclones océaniques à alimentation froide        |     |
| en circulation zonale.....                                   | 440 |
| La dorsale barométrique succédant à la dépression            |     |
| Les anticyclones océaniques                                  |     |
| 3°) Les anticyclones océaniques en circulation méri-         |     |
| dienne N.....                                                | 444 |
| Dorsale - Anticyclone océanique dynamique                    |     |
| 4°) Les anticyclones bloqués sur l'Europe.....               | 446 |
| Les anticyclones continentaux thermiques - Les               |     |
| anticyclones continentaux dynamiques                         |     |
| 5°) Les anticyclones européens en circulation méri-          |     |
| dienne S.....                                                | 449 |
| III - LES SUCCESSIONS HABITUELLES DES SITUATIONS SYNOPTIQUES |     |
| SUR LES REGIONS OCEANIQUES DU SO DE L'EUROPE.....            | 452 |
| A. TYPES DE SITUATION ET SEQUENCES SYNOPTIQUES               |     |
| 1°) En circulation zonale rapide.....                        | 454 |
| Les situations cycloniques d'O en trajectoires               |     |
| septentrionales, en trajectoires méridionales                |     |
| Les situations anticycloniques                               |     |
| 2°) En circulation méridienne S.....                         | 461 |
| L'anticyclone européen de type ES - Les situations           |     |
| cycloniques de SO - Les dépressions détachées du             |     |
| flux méridien S                                              |     |
| 3°) En circulation méridienne N.....                         | 467 |
| Les dépressions détachées des flux méridiens N -             |     |
| Les situations cycloniques en trajectoires méri-             |     |
| diennes à composante N - Les situations anticyclo-           |     |
| niques stabilisées en circulation méridienne N               |     |
| Les 18 situations retenues.....                              | 472 |

|                                                                                                                            |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| B. LES RYTHMES SYNOPTIQUES MENSUELS ET SAISONNIERS.....                                                                    | 473 |
| 1°) L'hiver - Circulation cyclonique dominante<br>des régions océaniques.....                                              | 474 |
| 2°) La fin de l'hiver et le début du printemps :<br>les variations brutales de la circulation<br>méridienne.....           | 478 |
| 3°) L'atténuation des contrastes en mai et la<br>transition vers l'été.....                                                | 481 |
| 4°) Le développement de la circulation anticyclonique<br>en été.....                                                       | 483 |
| 5°) L'automne, les vicissitudes du retour de la<br>saison pluvieuse et de la circulation méridienne...                     | 487 |
| CONCLUSION.....                                                                                                            | 490 |
| Chapitre III. LES FACTEURS GEOGRAPHIQUES DE LA CIRCULATION ATMOSPHERIQUE<br>REGIONALE.....                                 | 491 |
| I - LES DONNEES OCEANIQUES DE LA CIRCULATION ATMOSPHERIQUE<br>REGIONALE.....                                               | 492 |
| A. LES VARIATIONS REGIONALES DES TEMPERATURES OCEANIQUES<br>DU PAYS BASQUE AU MINHO.....                                   | 493 |
| 1°) L'anomalie thermique positive dans le fond du<br>Golfe de Gascogne.....                                                | 493 |
| 2°) L'origine de ces variations régionales.....                                                                            | 495 |
| B. LES EFFETS DE CETTE DIVERSITE THERMIQUE DES EAUX<br>OCEANIQUES.....                                                     | 497 |
| 1°) L'instabilité accrue en été sur la façade<br>orientale vascocantabrique.....                                           | 499 |
| 2°) Stabilité atmosphérique en été sur la façade<br>atlantique.....                                                        | 501 |
| 3°) Les brouillards littoraux en été de la Galice<br>et du Minho.....                                                      | 502 |
| C. LA CIRCULATION ATMOSPHERIQUE LITTORALE.....                                                                             | 506 |
| 1°) Les échanges terre-océan - Les vents littoraux.....                                                                    | 507 |
| Les brises littorales d'été - La circulation<br>littorale en hiver : brises de terre et vents<br>catabatiques              |     |
| 2°) L'effet hydrodynamique d'obstacle de la bordure<br>littorale.....                                                      | 514 |
| II - LES EFFETS OROGRAPHIQUES ET LA FRAGMENTATION DE LA<br>CIRCULATION ATMOSPHERIQUE.....                                  | 517 |
| 1°) Les effets à l'échelle du versant.....                                                                                 | 519 |
| Nébulosité et pluie sur le versant au vent -<br>L'évolution vers le beau temps sec le long<br>du versant sous le vent..... | 525 |
| 2°) Les effets à l'échelle de la région.....                                                                               | 529 |
| III - LES INSUFFISANCES DE L'ANALYSE SYNOPTIQUE GLOBALE.....                                                               | 534 |
| A. LE RENVERSEMENT DES CONTRASTES PLUVIOMETRIQUES PAR<br>LES SYSTEMES DEPRESSIONNAIRES IBERIQUES.....                      | 534 |
| 1°) L'impact des surfaces frontales.....                                                                                   | 536 |
| 2°) Les violents contrastes des masses d'air.....                                                                          | 537 |

|                                                                                                                                   |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| B. L'EFFONDREMENT DE L'ACTIVITE DES DEPRESSIONS D'O<br>AU S DE LA BARRIERE MONTAGNEUSE.....                                       | 540 |
| 1°) L'abri orographique.....                                                                                                      | 541 |
| 2°) L'effet de masse de la Péninsule et la frontolyse<br>généralisée.....                                                         | 543 |
| C. LES CARACTERES GENERAUX DE L'ACTION DIFFERENTIELLE<br>DES SYSTEMES DEPRESSIONNAIRES A L'INTERIEUR DU<br>DOMAINE OCEANIQUE..... | 546 |
| 1°) Les contrastes pluviométriques liés aux dépres-<br>sions en trajectoires méridiennes.....                                     | 547 |
| 2°) Les variations pluviométriques dans le cadre de<br>l'évolution d'un même système dépressionnaire<br>d'O.....                  | 549 |
| CONCLUSION.....                                                                                                                   | 551 |

### Troisième Partie

|                                                                       |     |
|-----------------------------------------------------------------------|-----|
| TYPES DE TEMPS OU EFFETS REGIONAUX DES SITUATIONS<br>SYNOPTIQUES..... | 553 |
|-----------------------------------------------------------------------|-----|

|                                                                       |     |
|-----------------------------------------------------------------------|-----|
| Chapitre I. LES TYPES DE TEMPS DE LA SAISON PLUVIEUSE ET FRAICHE..... | 555 |
|-----------------------------------------------------------------------|-----|

|                                                       |     |
|-------------------------------------------------------|-----|
| I - LES TYPES DE TEMPS DE SITUATIONS CYCLONIQUES..... | 556 |
|-------------------------------------------------------|-----|

|                                                           |     |
|-----------------------------------------------------------|-----|
| Ia - LES TYPES DE TEMPS CYCLONIQUES DOUX ET PLUVIEUX..... | 556 |
|-----------------------------------------------------------|-----|

|                                                      |     |
|------------------------------------------------------|-----|
| A. LES TYPES DE TEMPS D'O EN CIRCULATION ZONALE..... | 557 |
|------------------------------------------------------|-----|

|                                          |     |
|------------------------------------------|-----|
| 1°) Le mauvais temps d'O généralisé..... | 558 |
|------------------------------------------|-----|

|                                                                      |     |
|----------------------------------------------------------------------|-----|
| 2°) Les caractères généraux des types de temps<br>perturbés d'O..... | 571 |
|----------------------------------------------------------------------|-----|

|                                                                                   |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 3°) L'affaiblissement du mauvais temps d'O le long<br>de la côte cantabrique..... | 584 |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----|

|                                                                                  |     |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4°) De l'intérêt géographique de l'étude détaillée<br>des perturbations d'O..... | 593 |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----|

|                                                                                                           |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| B. L'ACCENTUATION DES CONTRASTES REGIONAUX AVEC LES<br>PERTURBATIONS DE SO EN CIRCULATION MERIDIENNE..... | 596 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

|                                                                                                        |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 1°) Les différenciations régionales avec les courants<br>perturbés de SO éloignés de la Péninsule..... | 598 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

|                                                                           |     |
|---------------------------------------------------------------------------|-----|
| 2°) Les courants perturbés de SO passant à proximité<br>de la Galice..... | 604 |
|---------------------------------------------------------------------------|-----|

|                                                                                     |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 3°) Les types de temps perturbés de SO, dirigés par<br>les dépressions stables..... | 612 |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----|

|                                                                                      |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4°) Conclusion sur les effets dominants des types de<br>temps cycloniques de SO..... | 620 |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-----|

|                                                         |     |
|---------------------------------------------------------|-----|
| Ib - LES TYPES DE TEMPS PERTURBES FRAIS ET HUMIDES..... | 625 |
|---------------------------------------------------------|-----|

|                                        |     |
|----------------------------------------|-----|
| A. LES TYPES DE TEMPS FRAIS DE SO..... | 626 |
|----------------------------------------|-----|

|                                                        |     |
|--------------------------------------------------------|-----|
| 1°) Le courant perturbé frais du SO par la Galice..... | 627 |
|--------------------------------------------------------|-----|

|                                                 |     |
|-------------------------------------------------|-----|
| 2°) Dépressions stables au NO de la Galice..... | 630 |
|-------------------------------------------------|-----|



|     |                                                                                                              |     |
|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| B.  | TYPES DE TEMPS CYCLONIQUES DE NO FRAIS ET PLUVIEUX.....                                                      | 633 |
| 1°) | Les courants perturbés de NO par le Golfe de Gascogne.....                                                   | 634 |
| 2°) | Les dépressions stabilisées au N de la Péninsule...                                                          | 645 |
| 3°) | Conclusion - L'inversion des contrastes régionaux avec les types de temps frais de NO.....                   | 650 |
| Ic  | - LES TYPES DE TEMPS CYCLONIQUES FROIDS ET PLUVIEUX.....                                                     | 654 |
| A.  | LES TYPES DE TEMPS FROIDS PERTURBES DE N.....                                                                | 655 |
| 1°) | Le courant perturbé de N sur la bordure de l'anticyclone atlantique.....                                     | 656 |
| 2°) | Expulsion du front arctique sur la façade atlantique - L'atténuation des contrastes.....                     | 661 |
| 3°) | Les caractères géographiques des types de temps perturbés de N.....                                          | 664 |
| B.  | LES TYPES DE TEMPS TRES FROIDS ET HUMIDES E - NE.....                                                        | 666 |
| 1°) | Les retours d'E provoqués par les perturbations ibériques.....                                               | 667 |
| 2°) | Les retours d'E avec dépressions stables ibéro-méditerranéennes.....                                         | 675 |
| 3°) | Les grands froids neigeux des courants perturbés de NE.....                                                  | 678 |
| 4°) | Les caractères généraux des types de temps perturbés d'E - NE.....                                           | 684 |
| II  | - LES TYPES DE TEMPS ANTICYCLONIQUES EN HIVER.....                                                           | 686 |
| IIa | - LES JOURNEES ANTICYCLONIQUES MAUSSADES, FROIDES ET HUMIDES.....                                            | 687 |
| A.  | LES TYPES DE TEMPS ANTICYCLONIQUES FRAIS ET NUAGEUX....                                                      | 687 |
| 1°) | Evolution rapide d'un anticyclone ibérique.....                                                              | 688 |
| 2°) | Les nuances géographiques.....                                                                               | 689 |
| B.  | LES TYPES DE TEMPS ANTICYCLONIQUES FROIDS ET HUMIDES...                                                      | 690 |
| 1°) | Temps froid et instable avec anticyclone thermique, alimenté par expulsion froide de perturbations de N..... | 691 |
| 2°) | La permanence des contrastes régionaux confirmée par les photos de satellite.....                            | 694 |
| 3°) | Temps frais et humide avec anticyclone thermique surmonté d'une goutte froide.....                           | 695 |
| C.  | TYPES DE TEMPS ANTICYCLONIQUES FROIDS ET NEIGEUX.....                                                        | 698 |
| 1°) | Les contrastes régionaux accentués entre le Pays Basque et le Minho.....                                     | 700 |
| 2°) | L'origine des variations géographiques.....                                                                  | 702 |
| IIb | - TYPES DE TEMPS ANTICYCLONIQUES FRAIS PLUS ENSOLEILLES ANTICYCLONES DYNAMIQUES A ALIMENTATION FROIDE.....   | 703 |
| A.  | LE TEMPS AVEC LES ANTICYCLONES MARITIMES DYNAMIQUES A ALIMENTATION FROIDE.....                               | 705 |
| 1°) | Anticyclone associé à une perturbation d'O septentrionale.....                                               | 705 |
| 2°) | Anticyclone associé à une perturbation de N.....                                                             | 708 |

|                                                                                                                   |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| B. ANTICYCLONES DYNAMIQUES A SITES CONTINENTAUX :                                                                 |     |
| TEMPS FROID ET ENSOLEILLE.....                                                                                    | 711 |
| 1°) Anticyclone européen, alimentation froide<br>polaire continentale.....                                        | 712 |
| 2°) Dorsale anticyclonique. Alimentation d'air<br>polaire maritime continentalisé.....                            | 715 |
| IIc - LES BELLES JOURNEES ANTICYCLONIQUES.....                                                                    | 719 |
| A. TYPES DE TEMPS ANTICYCLONIQUES DOUX ET ENSOLEILLES....                                                         | 720 |
| 1°) Les belles journées ensoleillées avec l'anti-<br>cyclone océanique à l'O de la Péninsule<br>Ibérique.....     | 720 |
| 2°) Anticyclone océanique sur le Golfe de Gascogne....                                                            | 722 |
| 3°) Beau temps à caractère continental plus marqué....                                                            | 727 |
| B. LES TYPES DE TEMPS ANTICYCLONIQUES CHAUDS.....                                                                 | 731 |
| 1°) Types de temps chauds liés à des anticyclones<br>continentaux européens ES.....                               | 731 |
| 2°) Les types de temps chauds, lourds.....                                                                        | 735 |
| IId - LES TYPES DE TEMPS ANTICYCLONIQUES DOUX ET PLUVIEUX...                                                      | 742 |
| A. TYPES DE TEMPS ANTICYCLONIQUES HUMIDES EN CIRCU-<br>LATION ZONALE.....                                         | 743 |
| 1°) Douceur et pluie sur la bordure septentrionale<br>de l'anticyclone maritime chaud.....                        | 743 |
| 2°) Les origines du temps couvert et pluvieux.....                                                                | 745 |
| B. TYPES DE TEMPS ANTICYCLONIQUES EN CIRCULATION<br>MERIDIENNE.....                                               | 748 |
| 1°) Les pluies dispersées à la limite occidentale<br>d'un anticyclone ibérique.....                               | 748 |
| 2°) Type de temps pluvieux sur la façade atlantique...                                                            | 750 |
| Chapitre II. LES TYPES DE TEMPS EN ETE.....                                                                       | 751 |
| I - LES TYPES DE TEMPS ANTICYCLONIQUES.....                                                                       | 753 |
| Ia - LES TYPES DE TEMPS ANTICYCLONIQUES CHAUDS.....                                                               | 753 |
| A. BEAU TEMPS AVEC LES ANTICYCLONES MARITIMES CHAUDS<br>CENTRES A L'O ET AU NO DE LA PENINSULE IBERIQUE.....      | 755 |
| 1°) Beau temps généralisé.....                                                                                    | 755 |
| 2°) Type de temps doux avec forte opposition<br>régionale.....                                                    | 760 |
| B. TYPES DE TEMPS ANTICYCLONIQUES MARITIMES DE NE - DES<br>OPPOSITIONS REGIONALES ACCENTUEES.....                 | 762 |
| 1°) L'enchaînement des états de l'atmosphère avec<br>un anticyclone océanique de NE en circulation<br>zonale..... | 763 |
| 2°) Avec un anticyclone océanique de N en circu-<br>lation méridienne.....                                        | 769 |



|                                                                                                                                    |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Ib - LES TYPES DE TEMPS ANTICYCLONIQUES TRES CHAUDS LIES<br>A UNE CIRCULATION MERIDIENNE - ES.....                                 | 772 |
| A. TYPES DE TEMPS ANTICYCLONIQUES TRES CHAUDS AVEC<br>ANTICYCLONES SUR LE NO DE L'EUROPE - ALIMENTATION<br>TROPICALE MARITIME..... | 773 |
| 1°) Anticyclones sur les Iles Britanniques.....                                                                                    | 774 |
| 2°) Anticyclone britannique et cellule chaude<br>isolée en altitude.....                                                           | 777 |
| B. TYPES DE TEMPS ANTICYCLONIQUES TRES CHAUDS AVEC<br>ANTICYCLONES CENTRES SUR L'EUROPE CONTINENTALE.....                          | 779 |
| 1°) Anticyclone scandinave - alimentation polaire<br>chaude continentalisée.....                                                   | 779 |
| 2°) Anticyclone sur la France - beau temps chaud<br>généralisé.....                                                                | 781 |
| 3°) Anticyclone sur l'Europe - Alimentation<br>tropicale continentale.....                                                         | 783 |
| Ic - LES TYPES DE TEMPS LIES AUX ANTICYCLONES MARITIMES<br>A ALIMENTATION FROIDE.....                                              | 787 |
| A. SUCCESSION DES TYPES DE TEMPS D'ANTICYCLONES MARI-<br>TIMES EN CIRCULATION ZONALE.....                                          | 788 |
| 1°) Les types de temps frais et nuageux au début de<br>l'installation de la dorsale barométrique.....                              | 789 |
| 2°) Evolution de la dorsale barométrique.....                                                                                      | 791 |
| 3°) Les types de temps ensoleillés à forts<br>contrastes thermiques NS.....                                                        | 793 |
| 4°) Conclusion : les conséquences climatiques des<br>anticyclones maritimes à alimentation froide<br>en circulation zonale.....    | 795 |
| B. LES TYPES DE TEMPS FRAIS ET BRUMEUX LIES AUX ANTI-<br>CYCLONES MARITIMES SURMONTES D'UNE DEPRESSION<br>FROIDE EN ALTITUDE.....  | 799 |
| 1°) Brouillards denses du Minho et de la Beira<br>littorale.....                                                                   | 800 |
| 2°) Extension des brouillards littoraux de la<br>Galice au Minho.....                                                              | 801 |
| C. LES TYPES DE TEMPS D'ANTICYCLONES MARITIMES EN<br>CIRCULATION MERIDIENNE N.....                                                 | 804 |
| 1°) Anticyclone atlantique thermique en circulation<br>méridienne.....                                                             | 805 |
| 2°) Etats de l'atmosphère contrastés avec anti-<br>cyclone maritime dynamique.....                                                 | 808 |
| 3°) Types de temps contrastés avec anticyclone<br>maritime à alimentation chaude dégénérée.....                                    | 810 |
| II - LES TYPES DE TEMPS CYCLONIQUES EN ETE.....                                                                                    | 813 |
| IIa - LES TYPES DE TEMPS CYCLONIQUES CHAUDS ET ORAGEUX.....                                                                        | 816 |
| A. LES ASPECTS GENERAUX DU TEMPS CHAUD PLUVIEUX ET<br>ORAGEUX LIE A UNE DEPRESSION IBERIQUE.....                                   | 817 |
| 1°) Les oppositions régionales avec une dépression<br>dynamique ibérique.....                                                      | 817 |
| 2°) Le renforcement des contrastes entre régions<br>littorales et intérieures avec la dépression<br>lusitanienne.....              | 820 |



|                                                                                                                          |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| B. EVOLUTION DU TEMPS ORAGEUX EN FONCTION DES ASPECTS DE LA GOUTTE FROIDE.....                                           | 821 |
| 1°) La régénération de la dépression lusitanienne.....                                                                   | 822 |
| 2°) L'advection directe d'une goutte froide sur le N de l'Espagne.....                                                   | 824 |
| C. LES VARIATIONS DU TEMPS ORAGEUX EN FONCTION DE L'ALIMENTATION CHAUDE.....                                             | 826 |
| 1°) Alimentation par de l'air méditerranéen.....                                                                         | 827 |
| 2°) L'advection d'air tropical continental.....                                                                          | 828 |
| IIb - LES TYPES DE TEMPS CYCLONIQUES DOUX ET PLUVIEUX EN ETE.....                                                        | 830 |
| A. TYPES DE TEMPS CYCLONIQUES DE SO.....                                                                                 | 830 |
| 1°) Les principaux effets climatiques des perturbations de SO.....                                                       | 831 |
| 2°) Les perturbations de SO sur l'Atlantique.....                                                                        | 836 |
| 3°) Les perturbations de SO proches.....                                                                                 | 846 |
| B. LES TYPES DE TEMPS CYCLONIQUES D'O EN CIRCULATION ZONALE RAPIDE.....                                                  | 853 |
| 1°) Les effets climatiques des perturbations d'O en été.....                                                             | 853 |
| 2°) Les perturbations d'O peu actives en été.....                                                                        | 858 |
| 3°) Les perturbations d'O actives.....                                                                                   | 866 |
| 4°) Les types de temps perturbés d'O très pluvieux dans la Galice et le Minho.....                                       | 870 |
| 5°) Les types de temps d'O pluvieux dans les régions vascocantabriques principalement.....                               | 877 |
| IIc - LES TYPES DE TEMPS CYCLONIQUES FRAIS ET PLUVIEUX. LA SUPERIORITE PLUVIOMETRIQUE DES REGIONS VASCOCANTABRIQUES..... | 882 |
| A. LES TYPES DE TEMPS FRAIS ET PLUVIEUX ASSOCIES A DES COURANTS PERTURBES DE SO IBERIQUES.....                           | 883 |
| 1°) Perturbation de SO déviée au-dessus du Pays Basque.....                                                              | 884 |
| 2°) Perturbation de SO longeant la côte méditerranéenne.....                                                             | 887 |
| B. LES TYPES DE TEMPS FRAIS PERTURBES DE NO.....                                                                         | 888 |
| 1°) Les perturbations de NO affectant directement la Galice.....                                                         | 890 |
| 2°) Le mauvais temps perturbé de NO exacerbé dans les régions vascocantabriques.....                                     | 895 |
| C. LES TYPES DE TEMPS CYCLONIQUES A TENDANCE FROIDE DE N ET DE NE.....                                                   | 905 |
| 1°) Les perturbations de N.....                                                                                          | 906 |
| 2°) Les perturbations de NE.....                                                                                         | 911 |
| 3°) Les retours d'E associés à des dépressions traversant la Péninsule Ibérique.....                                     | 917 |

|                                                                                                                 |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Chapitre III. LES TYPES DE TEMPS AU PRINTEMPS.....                                                              | 921 |
| I - LES TYPES DE TEMPS ANTICYCLONIQUES AU PRINTEMPS.....                                                        | 922 |
| Ia - LES TYPES DE TEMPS ANTICYCLONIQUES FRAIS.....                                                              | 923 |
| A. TYPES DE TEMPS FRAIS AVEC ANTICYCLONES<br>ALIMENTES PAR LES EXPULSIONS FROIDES EN<br>CIRCULATION ZONALE..... | 923 |
| 1°) Anticyclone alimenté par l'air maritime<br>froid.....                                                       | 924 |
| 2°) Types de temps anticyclonique brumeux de<br>transition.....                                                 | 926 |
| 3°) Temps froid et instable, avec un anticyclone<br>alimenté par expulsion arctique.....                        | 928 |
| B. TYPES DE TEMPS ASSOCIES AUX ANTICYCLONES PEU<br>EPAIS EN CIRCULATION MERIDIENNE.....                         | 930 |
| 1°) Type de temps pluvieux et froid sur la<br>bordure septentrionale et le N de la Galice...                    | 931 |
| 2°) Type de temps frais et ensoleillé dans les<br>régions septentrionales.....                                  | 933 |
| Ib - LES ANTICYCLONES DYNAMIQUES OCEANIQUES DE NO :<br>L'ECLATEMENT DU PRINTEMPS DANS LE MINHO.....             | 935 |
| A. ANTICYCLONE MARITIME EN CIRCULATION MERIDIENNE....                                                           | 935 |
| Exemple anticyclone maritime bloqué.....                                                                        | 937 |
| B. LES ANTICYCLONES MARITIMES DE NO A ALIMENTATION<br>CHAUDE EN CIRCULATION ZONALE.....                         | 939 |
| Les variations géographiques du temps                                                                           |     |
| Ic - LES TYPES DE TEMPS ANTICYCLONIQUES CHAUDS, ETENDUS<br>A TOUTES LES REGIONS OCEANIQUES.....                 | 942 |
| A. TYPE DE TEMPS ANTICYCLONIQUE CHAUD - NE - AVEC<br>ANTICYCLONE MARITIME.....                                  | 943 |
| 1°) Anticyclone maritime mobile chaud, traversant<br>le Golfe de Gascogne.....                                  | 943 |
| 2°) Anticyclone maritime chaud se stabilisant<br>sur les Iles Britanniques.....                                 | 946 |
| B. TYPE DE TEMPS CHAUD AVEC ANTICYCLONES CONTI-<br>NENTAUX BLOQUES.....                                         | 949 |
| 1°) Dorsale anticyclonique Atlantique-Europe.....                                                               | 949 |
| 2°) Anticyclone européen avec advection d'air<br>tropical continentalisé sur la Galice et<br>le Minho.....      | 952 |
| II - LES TYPES DE TEMPS CYCLONIQUES AU PRINTEMPS.....                                                           | 955 |
| IIa - TYPES DE TEMPS CYCLONIQUES CHAUDS ET DOUX -<br>L'ATTENUATION DES CONTRASTES PLUVIOMETRIQUES.....          | 956 |
| A. LES TYPES CYCLONIQUES D'O AU PRINTEMPS.....                                                                  | 956 |
| 1°) Les types de temps pluvieux et doux entre-<br>tenus par les perturbations d'O septen-<br>trionales.....     | 958 |
| 2°) Les types de temps pluvieux et frais des<br>perturbations d'O proches.....                                  | 964 |



|              |                                                                                                                                                     |      |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| B.           | LES TYPES DE TEMPS CYCLONIQUES DOUX DE SO.....                                                                                                      | 969  |
| 1°)          | Les oppositions régionales avec une perturbation de SO éloignée, sur l'Atlantique.....                                                              | 970  |
| 2°)          | Les oppositions régionales atténuées au printemps avec une perturbation de SO passant sur la Galice.....                                            | 973  |
| C.           | LES TYPES DE TEMPS CHAUDS ET ORAGEUX DE SSE LIES AUX DEPRESSIONS IBERIQUES.....                                                                     | 975  |
| 1°)          | Perturbations méditerranéennes orageuses, atteignant la côte portugaise.....                                                                        | 976  |
| 2°)          | Perturbation méditerranéenne de S, active dans le Pays Basque.....                                                                                  | 978  |
| 3°)          | Perturbation de S-SE ibérique. Manifestation du FAL au printemps.....                                                                               | 981  |
| I Ib -       | LES TYPES DE TEMPS CYCLONIQUES A AMBIANCE FROIDE - LES CAUSES FONDAMENTALES DU MAXIMUM PLUVIOMETRIQUE SECONDAIRE DES REGIONS VASCOCANTABRIQUES..... | 984  |
| A.           | LES PLUIES FROIDES DE REGIMES PERTURBES DE SO AU PRINTEMPS.....                                                                                     | 985  |
| 1°)          | Une dépression secondaire de SO à travers la Péninsule.....                                                                                         | 986  |
| 2°)          | Perturbation de SO sur l'E de la Péninsule.....                                                                                                     | 988  |
| B.           | LES TYPES DE TEMPS CYCLONIQUES DE NO AU PRINTEMPS..                                                                                                 | 990  |
| 1°)          | Courant perturbé de NO aboutissant à la Galice.....                                                                                                 | 991  |
| 2°)          | Courant perturbé de NO par le Golfe de Gascogne.....                                                                                                | 995  |
| C.           | LES TYPES DE TEMPS CYCLONIQUES FROIDS DE N.....                                                                                                     | 997  |
| 1°)          | Courant perturbé de N sur le Golfe de Gascogne et la Péninsule.....                                                                                 | 998  |
| 2°)          | Perturbation de N plus éloignée sur l'Europe..                                                                                                      | 1001 |
| D.           | LES TYPES DE TEMPS FROIDS PERTURBES DE NE A E.....                                                                                                  | 1003 |
| 1°)          | Perturbation de NE à travers le Golfe de Gascogne.....                                                                                              | 1004 |
| 2°)          | Le temps pluvieux et froid limité aux régions vascocantabriques.....                                                                                | 1006 |
| 3°)          | Type de temps perturbé de NNE froid avec dépression méditerranéenne.....                                                                            | 1009 |
| 4°)          | Conclusion sur les types de temps de NE perturbés.....                                                                                              | 1012 |
| Chapitre IV. | LES TYPES DE TEMPS EN AUTOMNE.....                                                                                                                  | 1015 |
| I -          | LES TYPES DE TEMPS CYCLONIQUES EN AUTOMNE.....                                                                                                      | 1016 |
| Ia -         | LES TYPES DE TEMPS CYCLONIQUES CHAUDS ET HUMIDES.....                                                                                               | 1017 |
| A.           | LES DERNIERES VAGUES DE CHALEUR HUMIDE ET ORAGEUSE.....                                                                                             | 1017 |
| 1°)          | Dépression sur la façade portugaise.....                                                                                                            | 1018 |
| 2°)          | Extension du temps orageux, pluvieux aux régions vascocantabriques.....                                                                             | 1022 |



|                                                                                                                                                                               |      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| B. LES TYPES DE TEMPS CYCLONIQUES TIEDES DE SO<br>EN AUTOMNE.....                                                                                                             | 1024 |
| 1°) Les types de temps perturbés de SO liés<br>aux dépressions éloignées sur l'Atlantique N..                                                                                 | 1025 |
| 2°) Les types de temps doux et pluvieux liés aux<br>perturbations de SO proches.....                                                                                          | 1033 |
| Ib - LES TYPES DE TEMPS CYCLONIQUES DOUX D'O EN AUTOMNE....                                                                                                                   | 1041 |
| A. LES TYPES DE TEMPS PERTURBES D'O TRES PLUVIEUX<br>DANS LE MINHO ET LA GALICE.....                                                                                          | 1043 |
| 1°) Perturbation d'O éloignée active dans les<br>régions occidentales.....                                                                                                    | 1044 |
| 2°) La dégradation dans les régions vascocanta-<br>briques d'un mauvais temps pluvieux lié à<br>une perturbation d'O sur la Manche.....                                       | 1046 |
| 3°) Des précipitations intenses sur la Galice et<br>le Minho provoquées par une perturbation<br>d'OSO à travers le Golfe de Gascogne.....                                     | 1048 |
| B. LES PERTURBATIONS D'O ACTIVES DANS LES REGIONS<br>VASCOCANTABRIQUES.....                                                                                                   | 1052 |
| 1°) L'installation du versant occidental de la<br>vallée planétaire avant l'arrivée du front<br>froid.....                                                                    | 1053 |
| 2°) Type de temps perturbé d'O très pluvieux dans<br>les régions vascocantabriques, avec inter-<br>férence du front froid et d'une perturbation<br>de SO méditerranéenne..... | 1056 |
| Ic - LES TYPES DE TEMPS CYCLONIQUES FRAIS EN AUTOMNE.....                                                                                                                     | 1058 |
| A. LES TYPES DE TEMPS PERTURBES DE S-SO FRAIS PLUS<br>HUMIDES DANS LES REGIONS VASCOCANTABRIQUES.....                                                                         | 1058 |
| 1°) Perturbation de SO à travers l'Espagne au SE<br>d'une dépression irlandaise.....                                                                                          | 1060 |
| 2°) Perturbation de S-SO par le fond du Golfe de<br>Gascogne, sur la bordure E d'une dépression<br>stable portugaise.....                                                     | 1061 |
| 3°) Type de temps perturbé de S, frais, lié à la<br>formation d'une goutte froide secondaire<br>sur le Golfe de Gascogne - Des pluies dilu-<br>viennes.....                   | 1063 |
| B. LES TYPES DE TEMPS FRAIS PERTURBES DE NO.....                                                                                                                              | 1067 |
| 1°) Les types de temps perturbés de NO en circu-<br>lation méridienne.....                                                                                                    | 1069 |
| 2°) Les types de temps perturbés d'ONO en circu-<br>lation zonale rapide.....                                                                                                 | 1074 |
| 3°) Le mauvais temps perturbé de NO, dirigé par<br>une dépression stabilisée sur les Iles<br>Britanniques.....                                                                | 1076 |

|                                                                                                                                                                     |      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Id - LES TYPES DE TEMPS CYCLONIQUES FROIDS - LES PREMIERS FROIDS DANS LES REGIONS VASCO-CANTABRIQUES ET EN GALICE.....                                              | 1078 |
| A. LES TYPES DE TEMPS PERTURBES DE N.....                                                                                                                           | 1079 |
| 1°) L'amélioration du temps perturbé de N dans le Minho.....                                                                                                        | 1081 |
| 2°) Le mauvais temps pluvieux de N, exceptionnellement limité aux régions océaniques occidentales.....                                                              | 1084 |
| B. LES TYPES DE TEMPS FROIDS PERTURBES DE NE ET D'E....                                                                                                             | 1086 |
| 1°) Les perturbations d'E-NE.....                                                                                                                                   | 1087 |
| 2°) Les retours d'ENE froids des dépressions ibériques et méditerranéennes.....                                                                                     | 1090 |
| II - LES TYPES DE TEMPS ANTICYCLONIQUES EN AUTOMNE.....                                                                                                             | 1097 |
| IIa - LES TYPES DE TEMPS ANTICYCLONIQUES FRAIS GENERALISES...                                                                                                       | 1098 |
| A. TYPES DE TEMPS FRAIS ET HUMIDES DE DORSALE BAROMETRIQUE EN CIRCULATION ZONALE.....                                                                               | 1099 |
| B. EN CIRCULATION MERIDIENNE N.....                                                                                                                                 | 1101 |
| IIb - LES VARIATIONS REGIONALES DES AMBIANCES THERMIQUES AVEC LES ANTICYCLONES MARITIMES DYNAMIQUES A ALIMENTATION FROIDE.....                                      | 1104 |
| A. AVEC LES ANTICYCLONES MOBILES EN CIRCULATION ZONALE.....                                                                                                         | 1104 |
| B. AVEC L'ANTICYCLONE MARITIME BLOQUE.....                                                                                                                          | 1106 |
| IIc - LES TYPES DE TEMPS VARIABLES LIES AUX ANTICYCLONES A SITUATION CONTINENTALE - LES PREMIERS FROIDS SECS DANS LES REGIONS INTERIEURES DU DOMAINE OCEANIQUE..... | 1108 |
| IId - LES BELLES JOURNEES ANTICYCLONIQUES EN AUTOMNE.....                                                                                                           | 1112 |
| A. LA VARIETE DU BEAU TEMPS AVEC L'ANTICYCLONE MARITIME CHAUD.....                                                                                                  | 1113 |
| 1°) Le temps chaud limité au Minho et à la Galice...                                                                                                                | 1114 |
| 2°) L'atténuation des contrastes avec un anticyclone maritime chaud mobile sur le Golfe de Gascogne.....                                                            | 1116 |
| 3°) Anticyclone maritime chaud stable.....                                                                                                                          | 1117 |
| B. LES TYPES DE TEMPS ANTICYCLONIQUES CHAUDS GENERALISES.....                                                                                                       | 1119 |
| 1°) Courte vague de chaleur se propageant rapidement vers l'E.....                                                                                                  | 1119 |
| 2°) Temps chaud orageux avec anticyclone continental stable.....                                                                                                    | 1121 |
| <u>REMARQUE</u> - BROUILLARDS ET ANTICYCLONES EN AUTOMNE.....                                                                                                       | 1123 |
| CONCLUSION - ESSAI D'EXPLICATION DE LA DIVERSITE DU DOMAINE OCEANIQUE.....                                                                                          | 1125 |
| I - ASSOCIATIONS REGIONALES DE TYPES DE TEMPS A L'ECHELLE SYNOPTIQUE.....                                                                                           | 1128 |

|                                                                                        |      |
|----------------------------------------------------------------------------------------|------|
| A. LES TYPES DE TEMPS HOMOGENES SUR L'ENSEMBLE DU<br>DOMAINE OCEANIQUE.....            | 1128 |
| B. LES FORTES VARIATIONS REGIONALES DE TYPES DE TEMPS<br>DANS LE CADRE SYNOPTIQUE..... | 1132 |
| II - LES AMBIANCES ATMOSPHERIQUES DES REGIONS OCEANIQUES.....                          | 1136 |
| A. L'AMBIANCE DE LA PROVINCE GALICIENNE.....                                           | 1137 |
| B. L'AMBIANCE DE LA PROVINCE BASQUE.....                                               | 1140 |
| C. L'AMBIANCE DE LA PROVINCE LUSITANIENNE.....                                         | 1142 |
|                                                                                        |      |
| BIBLIOGRAPHIE.....                                                                     | 1149 |
| I. SOURCES ET DOCUMENTS.....                                                           | 1149 |
| II. ABREVIATIONS.....                                                                  | 1153 |
| III. OUVRAGES ET ARTICLES.....                                                         | 1155 |
|                                                                                        |      |
| LISTE DES TABLEAUX HORS TEXTE.....                                                     | 1203 |
|                                                                                        |      |
| TABLE DES MATIERES.....                                                                | 1205 |













